

THESE

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES DE NANCY

pour obtenir le grade de

DOCTEUR INGENIEUR

par

R. HORTET

Ingénieur civil des Mines

Sujet : Définition d'une méthode pour caractériser l'état
d'un toit de taille, dans les houillères

Soutenue le 8 mars 1967 devant la commission d'examen

MM. SCHWARTZ Président

BERNARD Examineurs

CHAMBON

VERRIER



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555020_0011

THESE

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES DE NANCY

pour obtenir le grade de

DOCTEUR INGENIEUR

par

R. HORTET

Ingénieur civil des Mines

Sujet : Définition d'une méthode pour caractériser l'état
d'un toit de taille, dans les houillères

Soutenue le 8 mars 1967 devant la commission d'examen

MM. SCHWARTZ Président

BERNARD Examineurs

CHAMBON

VERRIER

Doyen : M. AUBRY

Assesseur : M. GAY

Doyens : MM. CORNUBERT - DELSARTE - ROUBAULT -

Professeurs honoraires : MM. RAYBAUD - LAFFITTE - LERAY - JULY - LAPORTE - EICHORN -
GODEMENT - DUBREUIL - L. SCHWARTZ - DIEUDONNE -
DE HALLEMANN - LONGCHAMPON - LETORT - DODE - GAUTHIER -
GOUDET - OLIER - CORNUBERT - CHAPELLE - GUERIN - WAHL -

Maîtres de conférences honoraires : MM. LIEHNART - PIERRET -

Professeurs

MM. DELSARTE	Analyse supérieure
ROUBAULT	Géologie
CAPELLE	Mécanique rationnelle
VEILLET	Biologie animale
BARRIOL	Chimie théorique
BIZETTE	Physique
GUILLIEN	Electronique
GIBERT	Chimie physique
LEGRAS	Mécanique rationnelle
BOLFA	Minéralogie et cristallographie
NICLAUSE	Chimie
FAIVRE	Physique appliquée
AUBRY	Chimie Minérale
COPPENS	Radiogéologie
DUVAL	Chimie
FRUHLING	Physique
HILLY	Géologie
LE GOFF	Génie Chimique
SUHNER	Physique expérimentale
CHAPON	Chimie biologique
HEROLD	Chimie minérale industrielle
SCHWARTZ B.	Exploitation minière
MALAPRADE	Chimie
MANGENOT	Botanique
GAYET	Physiologie
BONVALET	Mécanique appliquée
HADNI	Physique
BASTICK	Chimie
DUCHAUFOR	Pédologie
GARNIER	Agronomie
NEEL	Chimie organique industrielle
BERNARD	Géologie appliquée
CHAPIER	Physique
GAY	Chimie biologique
STEPHAN	Zoologie
CONDE	Zoologie
VERNER	Botanique
EYMARD	Calcul différentiel et intégral
LEVISALLES	Chimie organique
Mme HERVE	Méthodes mathématiques de la physique
M. GOSSE	Mécanique physique
FELDEN	Physique
DAVOINE	Physique (ENSHIM)
N...	Chimie Biologique

Maîtres de Conférences

Mme BASTICK	Chimie M.P.C. (Epinal)
M. GUDEFIN	Physique
ROCCI	Géologie
VUILLAUME	Psychophysiologie
FRENTZ	Biologie animale
HORN	Physique propédeutique
LAFON	Physique (I.S.I.N.)
MARI	Chimie (I.S.I.N.)
AUROUZE	Géologie
DEVIOT	Physique du solide
FLECHON	Physique H.P.C.
Mlle HUET	Mathématiques S.P.C.N. (en disponibilité)
M. VIGNES	Métallurgie
BALESDENT	Thermodynamique chimique appliquée
BLAZY	Minéralogie appliquée (E.N.S.C.)
JANOT	Physique H.P.C. (Epinal)
JACQUIN	Pédologie et chimie agricole
MAINARD	Physique H.G.P.
CACHAN	Entomologie appliquée (E.N.S.A.)
MARTIN	Chimie H.P.C.
PAULMIER	Mécanique expérimentale
VILLERHAUX	Génie Chimique
PROTAS	Minéralogie
JOZEFOWICZ	Physico-chimie
JURAIN	Géologie (S.P.C.N.)
COURTILLOT	Mécanique des fluides
LETCHE	Biochimie Appliquée (Brasserie)
N...	Probabilités et statistiques
N...	Mécanique (I.S.I.N.)
N...	Mathématiques
N...	Mathématiques H.P.C.
N...	Mathématiques S.P.C.N.
N...	Mathématiques appliquées
N...	Physiologie animale
N...	Mathématiques H.P.

Ce travail a été effectué sous la direction de Monsieur Bertrand SCHWARTZ, Professeur à la faculté des Sciences de l'Université de Nancy, Directeur honoraire de l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines, Directeur du Centre Universitaire de Coopération Economique et Sociale (C.U.C.E.S.), Directeur de l'Institut National de Formation des Adultes.

Messieurs VERRIER, Directeur Général Adjoint des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (H.B.N.P.C.)

BERNARD, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy, Sous-Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie et de Prospection Minière

CHAMBON, Docteur-ès-Sciences Appliquées, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines.

nous ont fait l'honneur de participer à notre Jury ; qu'ils soient ici très vivement remerciés.

Nous remercions Messieurs les Directeurs du C.E.R.C.H.A.R. qui, en nous accordant une bourse de thèse, nous ont permis de mener à bien ce travail.

Les essais ont été effectués dans les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais et ont bénéficié de l'aide financière de la Haute Autorité de la C.E.C.A. Nous exprimons spécialement notre gratitude à Monsieur VERRIER, qui fut l'instigateur de nos études et qui nous apporta un appui constant dans leur déroulement. Nous tenons particulièrement à associer à ces remerciements Monsieur JARLOT, Ingénieur aux H.B.N.P.C., qui nous a conseillé tout au long de notre travail et également Messieurs AURIOL, BOUTELLER, CAPELA et les Ingénieurs des Sièges d'exploitation sans qui les expériences n'auraient pu être réalisées.

Nous remercions aussi pour leur aide les Membres anciens et actuels du Laboratoire de Mouvements de Terrains, notamment Messieurs CHAMBON, DECOMPS (ingénieur aux H.B.N.P.C.) VIALLET (Professeur au C.U.C.E.S.)

Nous tenons enfin à remercier les agents de maîtrise et les techniciens du Centre de Recherches Appliquées des H.B.N.P.C. pour leur patience et leur dévouement dans la conduite et le dépouillement des mesures, Monsieur THIRION, dessinateur aux Houillères du Bassin de Lorraine, qui a dessiné les figures de notre thèse, et les Services de la Direction Générale des H.B.N.P.C. qui en ont assuré la frappe et l'impression.

**DEFINITION D'UNE METHODE
POUR CARACTERISER
L'ETAT D'UN TOIT DE TAILLE
DANS LES HOUILLERES**

AVANT PROPOS

L'étude des Pressions de Terrains dans les mines peut être abordée par des méthodes de recherche différentes. Les méthodes utilisant des calculs mathématiques ou des essais sur modèle réduit reposent sur des hypothèses physiques invérifiables. Il est donc nécessaire de s'en remettre d'abord à des méthodes expérimentales, permettant, par des mesures directes in situ, de serrer de plus près la réalité. Le recours au calcul ou à l'étude de modèles ne doit servir qu'à chercher quelles hypothèses permettent de reproduire les faits observés au fond.

Pour cette recherche expérimentale, un premier objectif est de définir des paramètres de mesure.

Monsieur le Professeur SCHWARTZ, dans sa thèse "Déformation des roches autour des excavations" indique comment, après avoir songé représenter les phénomènes de pressions de terrains par les charges prises par le soutènement, il en était arrivé à mesurer des mouvements de terrains, d'abord au moyen de mesures absolues, puis, plus commodément, de mesures relatives de rapprochement des épontes, appelées convergences.

L'étude de ce paramètre s'est révélée fructueuse. La thèse de Monsieur le Professeur SCHWARTZ et les publications qui l'ont suivie, ont montré qu'il était possible d'établir des lois permettant de prévoir, avec une bonne approximation, l'importance des convergences, tant dans les voies d'accès aux chantiers, que dans les tailles elles-mêmes.

En choisissant la convergence, Monsieur le Professeur SCHWARTZ soulignait qu'il admettait comme hypothèse de base qu'un banc se "tiendrait d'autant mieux" que ses déplacements seraient plus faibles et plus réguliers.

C'est en effet la "tenue des terrains" qui est le problème essentiel pour l'exploitant. La mesure des déplacements des terrains n'est étudiée que comme moyen d'approche.

Dans les voies de taille, les résultats obtenus ont montré que l'ordre de grandeur des mouvements (quelques dizaines de centimètres) était tel que l'on pouvait effectivement considérer que leur ampleur était liée à la dégradation du chantier et à la gêne ainsi causée à l'exploitant. Par contre, dans les tailles, cet ordre de grandeur (quelques dizaines de millimètres, pendant la durée d'ouverture du chantier) est insuffisant pour que cette liaison soit évidente.

Par conséquent, les convergences ne sont peut-être pas un bon paramètre pour étudier les tailles. Il est donc nécessaire de rechercher d'autres moyens de caractériser un toit, afin d'obtenir des paramètres permettant de rechercher l'influence de certains facteurs sur l'état du toit.

L'intérêt de cette étude a été remis en évidence par des préoccupations récentes des bassins houillers de Lorraine et du Nord et Pas-de-Calais.

Tout d'abord, il nous a été demandé d'examiner les rapports d'un certain nombre d'éboulements survenus dans des chantiers des Houillères du Bassin de Lorraine. Cet examen, dont nous rendons compte ci-après, nous a permis de formuler des hypothèses sur les conditions pouvant causer un éboulement. Mais il a également montré que la présence de ces conditions n'entraînait pas toujours la production d'un éboulement : il est cependant possible que l'exploitation ait subi des difficultés importantes, quoique moins dramatiques qu'un éboulement. Il est donc nécessaire de définir des paramètres moins "discontinus" que la présence ou l'absence d'un éboulement pour mettre en évidence l'influence des causes ainsi décelées.

Par ailleurs, le Centre de Recherche Appliquée du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais construisant un ensemble : machine d'abattage-soutènement destiné à permettre la mécanisation de chantiers réputés "à mauvais toit", souhaitait définir des paramètres permettant de juger les résultats de ses efforts et fit appel à la collaboration du Laboratoire de Mouvements de Terrains à NANCY.

Parmi les facteurs pouvant influencer sur la tenue du toit, il en est un qui présente un grand intérêt pratique : le soutènement. C'est en effet l'un des moyens à la disposition de l'exploitant pour essayer de maîtriser le toit. Par ailleurs, le Laboratoire de Mouvements de Terrains, après avoir trouvé l'influence des facteurs les plus importants sur les convergences en taille, souhaitait rechercher l'influence du soutènement. Il fut alors décidé d'étudier, en premier lieu, l'influence des charges de pose et de coulissement d'étais individuels sur la tenue du toit.

La recherche de paramètres caractéristiques de l'état du toit est le sujet de thèse qui nous a été proposé dans le cadre du Laboratoire de Mouvements de Terrains de l'Ecole des Mines de NANCY.

Cette recherche a été préparée par l'étude des éboulements en taille que nous décrivons dans notre introduction.

La définition des paramètres, et leur description feront l'objet de notre première partie. Dans la deuxième partie, nous montrerons, sur un exemple, que les paramètres retenus permettent de mettre en évidence l'influence d'un facteur - le soutènement - sur l'état du toit.

Les expériences nécessaires pour cette étude ont été financées par les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Pour les expériences relatives à la recherche de l'influence du soutènement, une importante participation financière de la C.E.C.A. a été obtenue.

TABLE DES MATIÈRES

<u>AVANT PROPOS</u> -	1
Table des matières	3
<u>INTRODUCTION : ETUDE DES EBOULEMENTS EN TAILLE</u> -	5
Introduction	6
A - Exemple d'étude d'éboulement	7
B - Essai de synthèse de l'étude	8
C - Vérifications des hypothèses énoncées	10
D - Aspect Probabiliste des causes d'éboulements	11
E - Conclusions	12
<u>1ère PARTIE : RECHERCHE DES PARAMÈTRES D'ÉTAT DU TOIT</u> -	13
<u>Introduction</u>	14
<u>Chapitre I - Etudes préliminaires</u>	15
A - Essais de peinture	16
B - Etude des travaux allemands	17
1 - Méthode de relevé	17
2 - Critique de cette méthode	18
<u>Chapitre II - Définition des relevés d'état de toit</u>	20
A - Exécution des relevés	21
B - Définition des paramètres	22
1 - Paramètres de chutes de blocs	22
2 - Paramètres de fissuration	24
3 - Remarques	24
<u>Chapitre III - Examen critique des paramètres retenus</u>	26
A - Généralités	27
B - Précision et Fidélité - Relevés contradictoires	29
C - Liaison entre les paramètres	32
1 - Campagne de balayage	33
2 - Campagne prolongée dans une taille	36
3 - Conclusions	36
D - Représentation d'une zone par une allée de travail	39
E - Variabilité des paramètres	40
1 - Campagne de balayage	40
2 - Recherche d'influence de facteurs connus	41
3 - Forme des distributions	42
F - Représentativité des paramètres	43
<u>Conclusions</u>	48

<u>2ème PARTIE : UN EXEMPLE D'UTILISATION DES PARAMETRES -</u>	50
<u>Introduction</u>	50
<u>Chapitre I : Préparation de la Campagne de Mesures</u>	54
A - Choix d'un chantier expérimental	55
B - Principes et hypothèses du plan d'expérience	56
C - Modalités d'application du plan d'expérience	58
1 - Schéma d'une zone de mesures	58
2 - Plan d'expérience	60
<u>Chapitre II : Réalisation de la Campagne de mesures</u>	61
A - Déroulement de la campagne	62
B - Dépouillement des mesures	64
1 - Préparation mécanographique des données	64
2 - Exploitation des données	66
C - Résultats de la campagne de mesures	73
1 - Résultats relatifs à l'influence du soutènement ..	73
2 - Résultats légitimant le plan d'expérience adopté	76
3 - Etude de la relation entre convergences et paramètres d'état du toit	78
<u>Conclusions</u>	80
<u>CONCLUSIONS GENERALES -</u>	82

INTRODUCTION

ETUDE DES EBOULEMENTS EN TAILLE

Comme il est dit dans notre avant propos, cette étude fait suite à une demande adressée au Laboratoire de Mouvements de Terrains. Nous décrivons cette recherche dans l'introduction de notre thèse moins pour énoncer les résultats provisoires auxquels elle conduit que pour montrer comment elle a contribué à préciser les objectifs de notre étude.

Un certain nombre d'éboulements survenus dans les Houillères du Bassin de Lorraine nous ont été soumis pour essayer de rechercher leurs causes à la lumière des résultats récents des études de mouvements de terrains.

Cette recherche s'appuyait d'abord sur l'hypothèse de base de l'étude des convergences que nous avons évoquée dans notre avant-propos : "si les mouvements sont grands ou très variables, les épontes sont disloquées".

Bien qu'une grande convergence, ou une forte dispersion des convergences ne soit peut-être pas à l'origine d'une détérioration du toit, il est probable que ces phénomènes se produisent ensemble, donc soient provoqués par les mêmes causes.

Une deuxième hypothèse présidait à cette étude : celle que les résultats relatifs aux convergences des voies d'accès aux chantiers (1) que nous rappelons brièvement ci-dessous, peuvent être extrapolés aux tailles.

Ces deux hypothèses étaient nécessaires pour aborder l'étude nouvelle en essayant d'utiliser les résultats obtenus dans une recherche différente.

Les principaux résultats relatifs aux mouvements en voies montrent que l'on observe des variations des valeurs des convergences lorsque les conditions des veines exploitées au voisinage de la taille étudiée changent :

(1) SCHWARTZ B. - CHALBON C. - DECOMPS J. - VIALLET F. "Prévisions des convergences dans les voies influencées par les tailles qu'elles desservent" - Revue de l'industrie minière - Septembre 1962.

- si une veine B, sus-jacente à la veine A où l'on étudie les mouvements d'une voie V est exploitée au-dessus de V (fig. 1 sch. 1) les convergences de cette voie V sont plus faibles que si la veine B n'était pas exploitée. La diminution de ces mouvements correspond à une diminution fictive de l'ouverture de la veine A d'une quantité à peu près égale au quart de l'ouverture de la veine B sus-jacente (1). Ceci montre qu'il peut y avoir une variation importante des convergences, lorsque le chantier passe à l'aplomb d'une limite d'exploitation dans une veine sus-jacente, c'est-à-dire passe, par exemple, d'une zone située sous une exploitation antérieure à une zone située sous des terrains non exploités.
- si, dans une veine B sus-jacente à la veine A où l'on étudie les mouvements d'une voie V, une partie de veine est restée inexploitée, délimitant un stot (fig. 1 sch. 2) l'expérience montre que ce stot a une influence très localisée sur les convergences dans la voie V de la veine étudiée A. Cette influence se traduit par un accroissement important des convergences tant au moment du creusement de la voie qu'au moment du passage de la taille.
- les épis de remblai placés aux bords des chantiers anciens pour protéger leur voie, ont sur les veines sous-jacentes des effets analogues à ceux d'un stot.

A - EXEMPLE D'ETUDE D'ÉBOULEMENT -

Nous avons d'abord examiné, pour les éboulements qui nous étaient soumis, les plans des chantiers correspondants et l'état des exploitations dans les veines sus-jacentes au moment de l'éboulement. Avant de procéder à un essai de synthèse, montrons sur un exemple comment s'est effectuée cette étude :

La figure 2 donne le plan (a) de position de l'éboulement survenu en veine 5 (2). Sur ce plan, sont reportées les limites des exploitations effectuées précédemment dans les veines 1, 2, 3, 4 sus-jacentes. Les positions relatives de ces différentes exploitations sont précisées par les coupes b et c passant par la verticale du lieu de l'éboulement, l'une parallèle au front de taille, l'autre perpendiculaire.

L'examen de la figure 2 montre que la localisation de l'éboulement présente les caractéristiques suivantes :

- aplomb des limites d'exploitation dans les veines 2, 3 et 4

-
- (1) On sait que les convergences dans une voie sont proportionnelles à l'ouverture de la veine où est tracée cette voie (article déjà cité).
 - (2) Pour des raisons de discrétion envers les mines concernées par les éboulements que nous décrivons, nous présenterons ceux-ci de façon anonyme, en notant les veines par des numéros d'ordre.

MOUVEMENTS EN VOIE

Situations relatives de la voie étudiée et des exploitations voisines

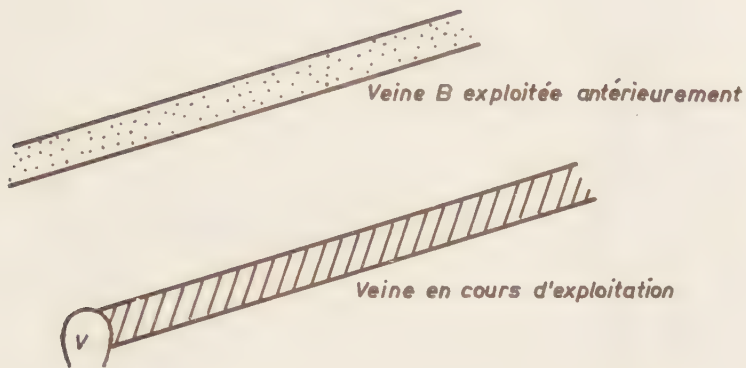


Schéma 1 : Voie sous une ancienne exploitation

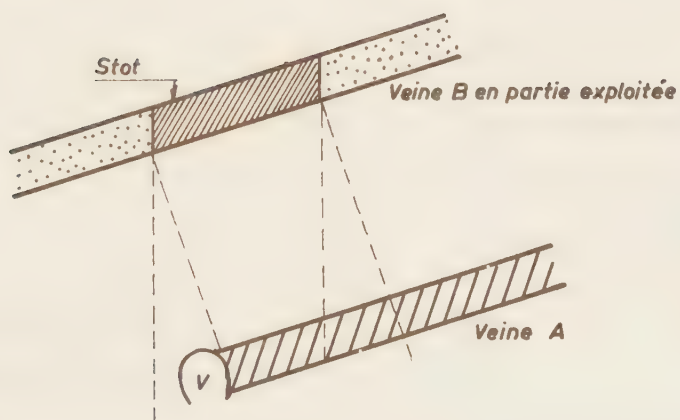


Schéma 2 : Voie située sous un stot

ETUDE D'UN EBOULEMENT

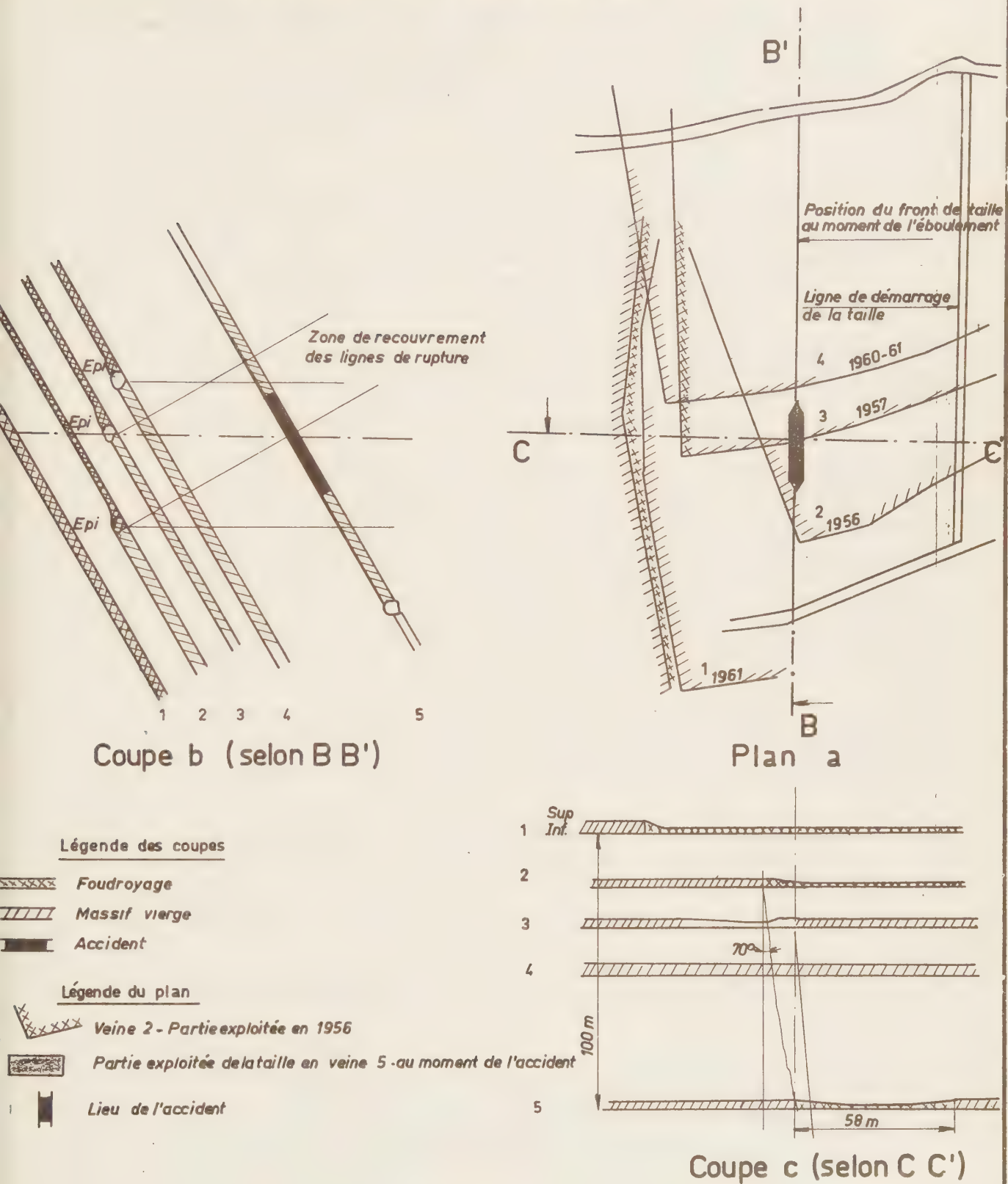


FIG. 2

- a) perpendiculairement au front de taille (coupe c) l'éboulement s'est produit à un endroit où la taille entre dans une zone située en-dessous de la partie non exploitée de la veine 2. D'après nos hypothèses et nos connaissances sur les mouvements dans les voies, ce fait peut conduire, en taille, à un accroissement de la convergence.
- b) dans le sens parallèle au front de taille (coupe b), on constate que toute la taille se trouve sous la veine 1 exploitée ; la tête de taille se trouve en outre sous les veines 2,3,4, exploitées, les limites d'exploitation de ces veines étant presque à l'aplomb du lieu de l'éboulement. Les convergences doivent donc être plus grandes vers le pied que vers la tête de taille.

Outre cet accroissement des convergences, nous pensons que les limites d'exploitations peuvent créer, dans les terrains voisins, des zones plus fragiles pouvant faciliter l'action d'autres facteurs. Nous appelons cela la création de lignes de rupture.

- la distance entre la ligne de démarrage de la taille et la position du front lors de l'éboulement est voisine de 60 mètres (plan a et coupe c) ; or il est habituel d'observer, lors du démarrage d'une taille que les épontes soutenues par le massif voisin, convergent peu. Après quelques dizaines de mètres d'avancement, on observe soit un accroissement rapide des convergences soit même des mouvements brusques appelés généralement "coups de charge de démarrage" et que l'on explique par la rupture des bancs de haut-toit jusque là solidaires.

Il faut noter de plus que les lignes de rupture créées par les limites d'exploitation en veines 2, 3 et 4 peuvent faciliter les variations de mouvement "en puissance" du fait du démarrage de la taille.

En résumé, l'éboulement étudié s'est produit en un lieu où étaient réunies les conditions pour que se manifestent :

- des lignes de rupture,
- une variation du régime des convergences,

ces effets étant dus principalement à un démarrage de taille et aux limites d'exploitation dans les veines sus-jacentes.

B - ESSAI DE SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE -

L'étude des plans qui nous ont été soumis nous a montré que chaque fois qu'un éboulement s'était produit, on pouvait observer que plusieurs des conditions que nous énumérons ci-après étaient réunies. Nous classons ces causes, selon la forme de leurs effets, en trois catégories :

- celles qui occasionnent des lignes de rupture dans les terrains sous-jacents ;

- celles dont l'effet semble être un accroissement des pressions de terrains ;
- celles dont l'effet semble être principalement un accroissement des mouvements (convergences).

Certaines causes se classent dans plusieurs de ces catégories.

- a) causes provoquant une ligne de rupture dans les terrains au-dessus de la taille étudiée :
- failles (figure 3 - schéma 1) : les failles sont des discontinuités naturelles des couches géologiques et constituent donc des lignes de rupture naturelles.
 - limites d'exploitation (figure 3 - schéma 2) : elles peuvent engendrer des lignes de rupture dans les terrains sous-jacents.

Les observations qualitatives permettent de penser que la zone d'influence d'une telle limite est à peu près comprise entre le plan vertical et le plan perpendiculaire à la veine passant par cette limite.

- les stots (figure 3 - schéma 3) sont des parties de veines inexploitées, limitées par des "limites d'exploitation" assez rapprochées. Les lignes de rupture de ces différentes limites peuvent donc avoir des effets cumulatifs, créant, à l'aplomb du stot, une zone très cassurée.

Des effets analogues à l'effet de stot peuvent être observés également lorsque deux limites d'exploitation dans des veines différentes ont des projections voisines (fig. 3, sch. 4 et 5).

- b) causes provoquant des surpressions :

Certains des phénomènes qui peuvent être causes d'éboulements semblent être à l'origine d'une augmentation de la pression exercée sur les terrains situés au-dessus de la taille étudiée. (Sur les schémas, les flèches indiquent la zone où se produisent les surpressions).

C'est le cas des stots qui, en laissant une portion non exploitée de massif, au milieu d'une zone entièrement exploitée créent des contraintes dans l'ensemble des couches de terrains (figure 4 - schéma 1).

Un stot peut, de ce point de vue, ne pas être dangereux : il peut, par exemple, s'écraser de lui-même par fluage s'il est de faibles dimensions. Il peut être également détruit par le passage d'une première taille sous-jacente.

Au démarrage d'un chantier, il se crée, avant que la première cassure importante du haut toit se soit produite, une sorte de poutre dont la longueur du "porte à faux" augmente, faisant s'accroître les pressions au voisinage de l'encastrement, c'est-à-dire dans le chantier lui-même (figure 4 - schéma 2).

CAUSES POSSIBLES D'ÉBOULEMENT

a) Causes provoquant des lignes de rupture

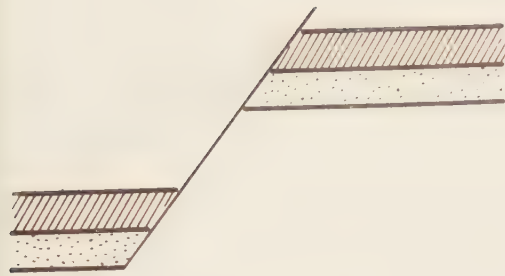


Schéma 1: Faille

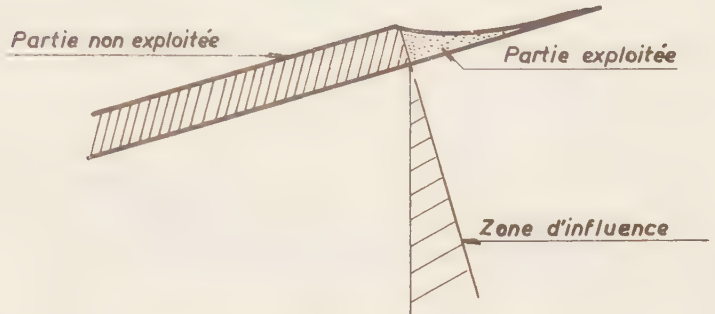


Schéma 2: Limite d'exploitation

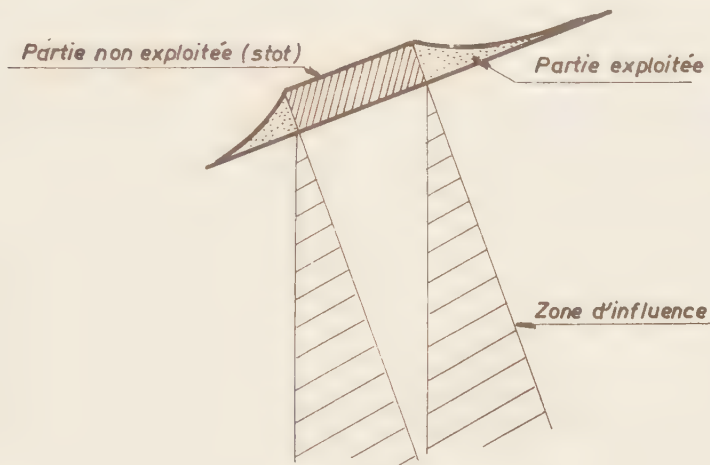


Schéma 3: Stot

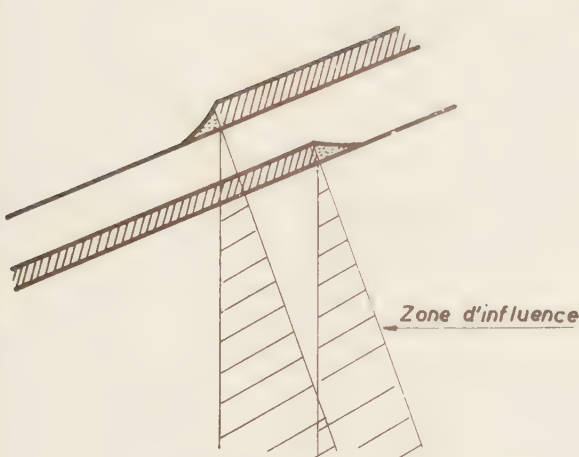


Schéma 4

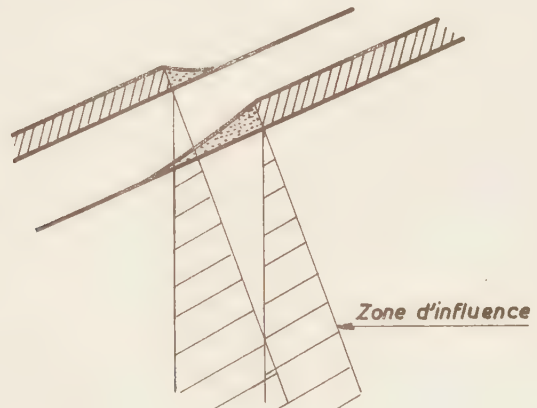


Schéma 5

Effets analogues à celui d'un stot



ETUDE DES EBOULEMENTS

Mesures de convergence dans un chantier ayant
des conditions susjacentes variables

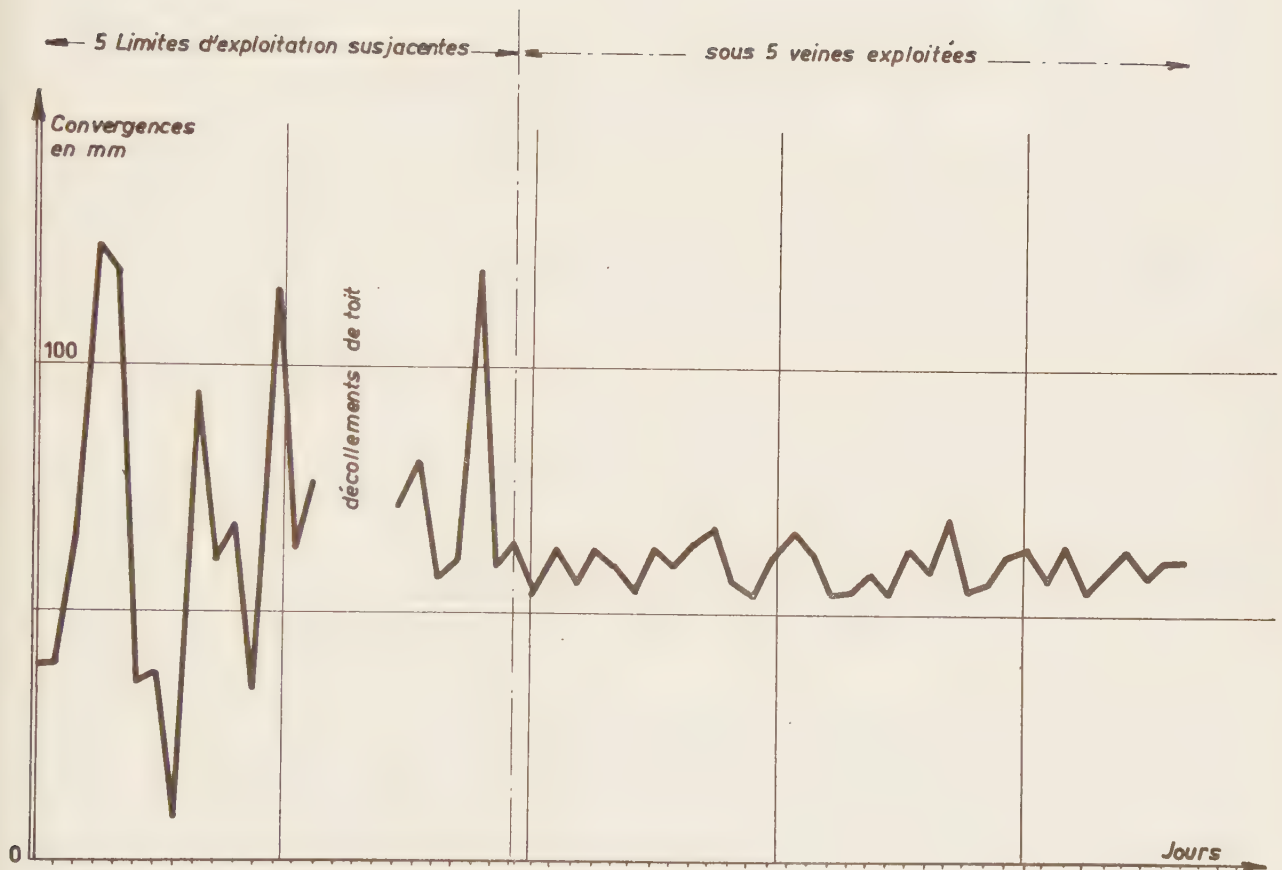


FIG. 5

Dans le cas d'une faille, la partie découpée par la faille n'étant pas solidaire du reste des terrains peut peser directement sur le chantier (figure 4 - schéma 3).

c) causes provoquant un accroissement des mouvements

Nous pensons que si les mouvements de convergence augmentent, ils favorisent la désolidarisation du toit du chantier. On peut reconnaître, à la suite des études faites sur les convergences en voie, les causes suivantes d'un accroissement des mouvements :

- stots dans les veines sus-jacentes,
- limites d'exploitations,
- démarrages des chantiers,
- existence de pilier dans la veine étudiée elle-même.

C - VERIFICATIONS DES HYPOTHESES ENONCEES -

Nous avons cherché à vérifier ces hypothèses d'explication d'éboulements en taille.

D'abord, nous avons retrouvé la présence de telles causes dans les nombreux cas d'éboulements que nous avons pu examiner, tant dans la première série de documents en provenance des Houillères de Lorraine que par la suite, dans des documents émanants de plusieurs bassins.

Puis, dans un cas, nous avons essayé de contrôler ces hypothèses par des mesures de convergences, seul paramètre utilisé jusqu'alors pour caractériser le comportement des terrains.

La figure 5 montre les résultats de mesures de convergence effectuées dans une taille choisie à priori à cause de la disposition des exploitations sus-jacentes dans un chantier voisin de celui décrit au paragraphe A.

La partie gauche du graphique correspond à une zone qui était surplombée par des limites d'exploitation dans 5 veines sus-jacentes. Les convergences y sont très dispersées par suite de décollements de toit. Il est même arrivé que les broches servant de repères soient tombées et qu'ainsi des mesures aient été perdues. La partie droite du graphique correspond à une zone au-dessus de laquelle les 5 veines étaient exploitées, sans irrégularité. Les convergences y sont devenues beaucoup plus régulières.

Cet exemple confirme l'hypothèse que des irrégularités dans le schéma d'exploitation des veines sus-jacentes peuvent apporter des perturbations dans la tenue du toit d'une taille. Il faut remarquer qu'ici la manifestation de ces perturbations n'a pas pris la forme extrême d'un éboulement mais seulement d'une modification du régime des convergences et de quelques décollements.

Nous avons pu encore, dans un autre cas, vérifier le bien-fondé de nos hypothèses.

La figure 6 montre le plan et une coupe par un plan vertical du chantier qui nous ont permis de prévoir un éboulement qui s'est effectivement produit.

Il s'agit d'un chantier en taille montante dans une veine (2) en dressants. Un stot avait été abandonné dans une veine sus-jacente (1).

L'éboulement s'est produit lorsque le chantier passait à l'aplomb de la dernière limite atteinte du stot. Il faut noter par ailleurs qu'un changement de pente dans la veine où a eu lieu l'éboulement a pu favoriser celui-ci.

Pour poursuivre cette vérification, nous aurions souhaité essayer de prévoir des éboulements possibles après étude des plans des chantiers en exploitation. Pour cela, nous désirions que, pour chaque taille d'un Bassin, soient exécutés des plans donnant tous les renseignements nécessaires pour que nous puissions, avant que l'exploitation ne commence, décider des points où des observations devraient être faites pour vérifier ces hypothèses. Nous n'avons pu obtenir que de tels documents soient établis en raison du travail important que cela aurait demandé. Nous avons donc renoncé à poursuivre la recherche dans cette direction.

Cependant, la seule étude des cas d'éboulement dont nous disposons nous permet de dire, en conclusion de ce paragraphe, que les conditions énumérées au paragraphe précédent expliquent de nombreux éboulements.

Et nous pouvons énoncer la proposition suivante : "pour chaque éboulement étudié, nous avons trouvé une ou plusieurs causes pouvant être rangées dans le catalogue proposé".

Pour intéressant que soit ce résultat, il était cependant insuffisant car, afin de pouvoir prévoir des éboulements futurs, il nous fallait montrer la proposition réciproque : nous n'avons malheureusement pas pu y parvenir ainsi que nous le montrons dans le paragraphe suivant.

D - ASPECT PROBABILISTE DES CAUSES D'ÉBOULEMENTS -

La méthode utilisée (étude de documents anciens) permet de formuler des hypothèses, mais ne permet pas de déterminer les lois des causes des éboulements en particulier pour les raisons suivantes :

- on ne peut affirmer connaître toutes les circonstances de chaque éboulement étudié et donc on connaît toutes les causes.
- on ne peut pas affirmer que tous les types d'éboulements aient été recensés, et donc que l'on ait pu établir un tableau complet des causes d'éboulements.
- on ne peut pas affirmer qu'un éboulement ait toujours sanctionné l'existence de l'une des causes citées.

ETUDE DES EBOULEMENTS

Exemple de prévision d'un éboulement

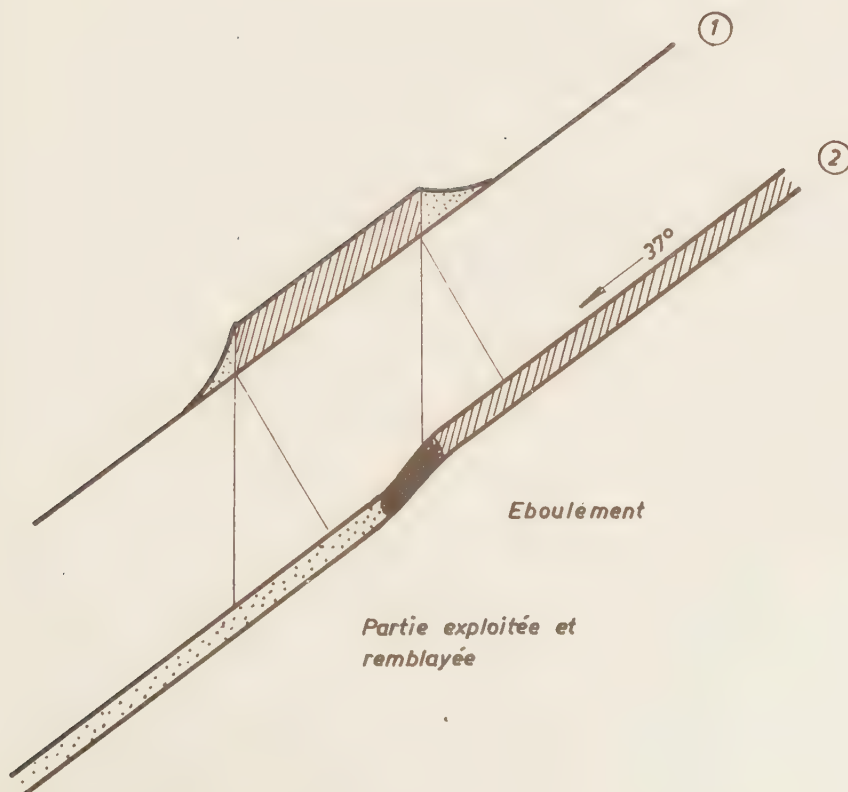
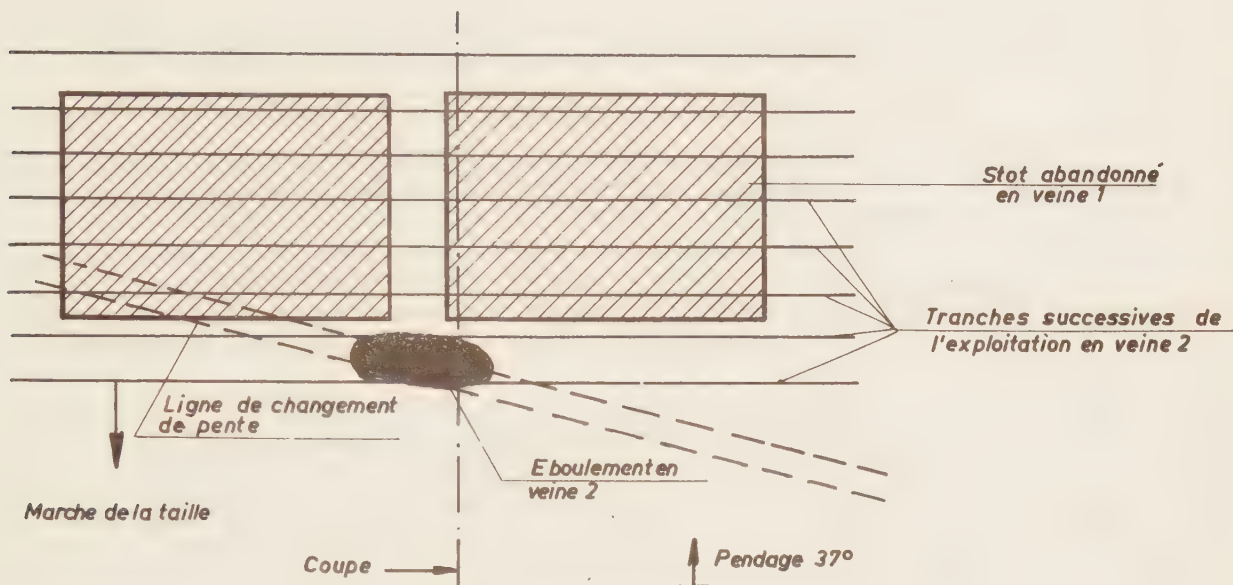


FIG.6



Sur ce dernier point au contraire, il faut noter que sur les plans qui nous étaient transmis, des conditions analogues étaient souvent réalisées, en d'autres zones que celle où un accident était signalé.

De plus, il faut noter que pour la plupart des éboulements observés, il était possible de trouver plusieurs causes parmi celles énumérées ci-dessus.

Nous concluons de ces diverses remarques que les causes que nous avons citées ne conduisent pas obligatoirement à un éboulement. Lorsqu'une de ces causes est observée, il y a seulement une certaine probabilité qu'un tel éboulement arrive. Nous ne sommes évidemment pas en mesure de chiffrer cette probabilité. On peut cependant supposer que cette probabilité augmente lorsque plusieurs causes existent simultanément.

C'est pourquoi il peut être intéressant de chercher à donner à chaque point d'un chantier une "note" construite en ajoutant une unité pour chaque cause présente et de considérer une zone comme d'autant plus dangereuse que cette note est élevée. HOFFMANN a d'ailleurs proposé une telle notation à laquelle les auteurs allemands se réfèrent. Mais nous n'avons pas poursuivi dans cette voie, faute donc de pouvoir nous appuyer sur un nombre suffisant de cas.

E - CONCLUSIONS -

Lorsque des conditions favorables aux éboulements sont réunies, on peut ne pas observer d'éboulement ; mais des difficultés dans l'exploitation peuvent apparaître, difficultés qui, ne prenant pas le caractère dramatique d'un éboulement, ne donnent pas lieu à l'élaboration d'un document dont nous puissions, *a posteriori*, avoir connaissance.

L'existence ou la non existence d'un éboulement semble donc constituer un paramètre trop qualitatif et trop imprécis pour apprécier la gêne que peut causer un mauvais état du toit dû à certaines conditions d'exploitations.

Nous nous sommes donc proposés de définir de meilleurs paramètres.



1ère PARTIE

RECHERCHE DES PARAMETRES D'ETAT DU TOIT



Dans cette première partie, nous commencerons par décrire assez rapidement ce qui a été fait avant de nous engager dans la voie définitive de notre recherche (chapitre I "Etudes préliminaires").

Puis nous définirons les modes de relevés d'état du toit que nous avons mis au point ainsi que des paramètres déterminés à partir de ces relevés (chapitre II "Définitions des relevés d'état du toit").

Enfin, et surtout, nous consacrerons un chapitre aux épreuves auxquelles nous avons soumis ces paramètres afin de vérifier s'ils répondaient suffisamment à des critères de précision et fidélité, de variabilité et de représentativité pour constituer un outil intéressant pour rechercher l'influence des facteurs sur l'état du toit (chapitre III "Examen Critique des paramètres").

Ce n'est qu'en conclusion de cette étude que nous pourrons établir définitivement la liste des paramètres retenus.



CHAPITRE I

ETUDES PRELIMINAIRES

Des premières idées qui nous ont guidés, nous ne mentionnons que pour mémoire celles de mesurer la courbure du toit, ou de faire des études systématiques sur les variations d'ouverture des chantiers : nous ne les avons pas retenues. Par contre nous décrirons succinctement ci-dessous les essais de repérage des chutes de blocs par application d'une couche de peinture du toit.

Dans cette période préparatoire, nous avons également pris contact, en juillet 1963, avec l'équipe de recherche du Docteur Jacobi au STEINKÖHLENBERGBAUVEREIN, à ESSEN. L'étude des travaux de ce groupe a été décisive pour l'orientation de notre recherche de paramètres.

A - ESSAIS DE PEINTURE -

L'idée de départ étant d'essayer de faciliter la visualisation des chutes de blocs, nous avons songé à apposer une couche de peinture au toit, aussitôt que possible après la découverte du toit, de façon à ce que l'absence de peinture révèle ensuite les chutes de blocs.

Dans les premiers essais, nous avons blanchi entièrement certaines zones de toit de façon à pouvoir observer toutes les chutes. Nous avons cependant abandonné assez rapidement, en raison du temps nécessaire et de la difficulté de représenter simplement par des chiffres les chutes de toit ainsi repérées. La solution utilisée ensuite a consisté à tracer un trait au toit, le long du front, et à noter, pour chaque chute de toit, l'emplacement, la longueur de trait disparu et un ordre de grandeur de la hauteur de la cloche mise en évidence.

Le principal enseignement de ces essais a été de permettre d'observer que, très souvent, le toit était déjà tombé au moment où nous posions le trait de peinture, c'est-à-dire assez tôt après l'abattage.

Dans les tailles équipées d'une havocuse, il n'est pas possible, pour des raisons de sécurité, d'horaires et de commodité, de tracer le trait dès que la havocuse a découvert une portion de toit.

Le fait de devoir arriver souvent trop tard, et le manque de commodité des mesures, nous ont conduit à abandonner cette méthode de caractérisation d'un toit d'une taille.

B - ETUDE DES TRAVAUX ALLEMANDS -

Le problème posé par les exploitants allemands à l'équipe du Docteur Jacobi était de pouvoir décider si une taille est susceptible d'être équipée avec du soutènement marchant. Partant de l'idée que les décollements, décrochements et cassures constituent les obstacles majeurs à la mécanisation du soutènement, l'équipe allemande avait décidé de comptabiliser ces phénomènes. Par ailleurs, afin de donner un outil pratique à l'exploitant, elle cherchait à résumer ses observations par une note attribuée au toit de la taille qui pourrait, dans l'avenir, être donnée par la maîtrise.

1° - Méthode de relevé

En vingt endroits d'une taille, on observe une bande de toit de longueur (mesurée selon le pendage) de 1,5 mètres, c'est-à-dire correspondant à une longueur de bac de convoyeur blindé.

Chacune de ces bandes, perpendiculaires au front, est divisée en parties élémentaires ("Abschnitt"), parallèles au front de taille. Par exemple, on distingue la partie comprise entre le front de taille et le début des rallonges.

On reporte sur un imprimé (figure 7), pour chacune des parties ainsi délimitées les caractéristiques suivantes :

- les fissures ("Risse") qui sont comptabilisées et distinguées selon leur inclinaison.

- R2 fissure perpendiculaire aux bancs du toit,
- R3 fissure inclinée, descendant vers la veine,
- R4 fissure inclinée, descendant vers l'arrière-taille.

- les décollements ou chutes de blocs qui sont définis par :

- . leur forme, symbolisée par les inclinaisons (2, 3, 4) des cassures qui les limitent (une cassure 1 est une cassure parallèle aux bancs),
- . leur hauteur (en centimètres),
- . leur largeur (perpendiculairement au front, en centimètres),
- . leur longueur (parallèlement au front, en centimètres),
- . la distance entre le front et le décollement.

- les décrochements - différence de niveau entre deux points voisins du toit, ne constituant pas la frontière d'un décollement - que l'on note, avec le sens de leur inclinaison et leur hauteur.

Sont indiquées, bien sûr, les caractéristiques géométriques du chantier.

RELEVES D'ETAT DU TOIT

Méthode Allemande

Lampe :		Abschnitte (1.abschnitt : Kappenende - Kohlenstoß) (Allées) (Allée 1 : Bout de la rallonge- front de taille)					
Note	: 4	1	2	3	4	5	
Geöffnet. Risse (fissure ouverte)	R 2		//				
	R 3	//		/			
	R 4			/			
Absätze (décrochements)		15					
Ausbrüche (chutes de blocs)	Form (forme)	/	34 / 212	314			
	Höhe (hauteur)		40 / 17	20			
	Breite (largeur)		30 / 60	80			
	Länge (longueur)		nicht dargestellt (im Einfallen) non représentée (au pendage)				
	Entfernung v Kohlenstoß (distance du front)		55 / 120	210			
Effektive Stempeldichte 6 (densité effective d'étauçons)		Abstand Kappe- Kohlenstoß (distance rallonge front de taille)	55	Abstand Stempel- Förderer (distance 1 ^{er} étauçon et convoyeurs)	20	Abstand Kappenende - Bruchkante (distance rallonge foudroyage)	150

Relevé correspondant à la zone représentée figure 8

Enfin, les indications ainsi relevées étaient résumées par une note attribuée à la zone observée, variant de 0 à 5 selon les critères suivants :

Note	Fissures	Décrochements et décollements
0	Aucune	Aucun
1	Fermées	< 1 cm
2	Fermées	1 à 10 cm
3	Ouvertes	< 10 cm
4	Ouvertes	10 à 50 cm
5	Ouvertes	> 50 cm

La figure 8 présente un croquis schématisant, en coupe, l'aspect du lieu où a été fait le relevé de la figure 7.

La correspondance entre ces deux figures est évidente : on observe en allée 1 deux fissures R3 et un décrochement de hauteur 15 cm ; il y a en allée 2 deux fissures R2 et deux décollements ; en allée 3, il y a une fissure R3 - une fissure R4 et un décollement : les orientations de ses faces successives sont notées 3 - 1 - 4, sa hauteur est de 20 cm, sa largeur de 80 cm, sa limite la plus proche du front de taille est à 210 cm de celui-ci ; aucune mesure de longueur selon le pondage n'est indiquée sur cet exemple puisque cette distance n'est pas représentée sur la coupe perpendiculaire du front de la figure 3-b. Les caractéristiques géométriques sont indiquées sur la dernière ligne de l'imprimé : la plus grande hauteur de décollement étant de 40 cm, la note attribuée à la zone est 4.

2° - Critique de cette méthode

L'examen de ces relevés nous a montré la possibilité de caractériser un toit par des relevés chiffrés de zones limitées de ce toit, en notant la forme et les caractéristiques de chaque décollement.

Cependant, il nous a paru dommage de résumer les informations précises obtenues par une note qui, étant globale, occasionne une perte d'information. La note, qui peut être commode pour l'exploitant, ne peut servir avec profit pour une recherche plus précise.

Par ailleurs, la forme même des relevés nous semble basée sur des hypothèses assez simplificatrices concernant la forme des décollements :

- forme rectangulaire et parallèle au front des surfaces de bases des décollements (puisque l'on ne mesure, pour caractériser ces surfaces, qu'une longueur et une largeur).
- forme simple, triangulaire ou trapézoïdale du relief des décollements (puisque la description du contour d'une vue en coupe d'un tel décollement n'est faite que par l'indication de l'orientation de deux ou trois faces).

Tenant cependant compte de cet enseignement, nous nous sommes alors orientés vers la définition de relevés d'état du toit d'une zone de taille. Ces relevés devraient être aussi détaillés que possible de manière à ce que les paramètres calculés représentent de façon précise l'état du toit.

CHAPITRE II

DEFINITION DES RELEVES D'ETAT DU TOIT

Nous commencerons par décrire la manière dont les relevés sont exécutés au fond. Puis nous indiquerons quels paramètres on peut calculer à partir de ces relevés, en décrivant les opérations de dépouillement.

Auparavant, rappelons une définition usuelle : la surface découverte par l'exploitation de la taille est divisée par les lignes de soutènement en plusieurs allées et l'on appelle (figure 9) :

- allée 0, la partie de cette surface comprise entre le front et la première ligne de soutènement,
- allée I, la partie comprise entre la première et la deuxième ligne de soutènement,
- allée II, la partie comprise entre la deuxième et la troisième ligne de soutènement, etc ...

A - EXECUTION DES RELEVÉS -

Chaque zone de mesure est définie par une portion de surface de toit s'étendant du front de la taille jusqu'à la dernière ligne de soutènement sur une longueur de 3 mètres (comptée parallèlement au front et correspondant à deux éléments du convoyeur blindé).

Le relevé d'une zone comprend deux feuilles de papier dont des reproductions (à l'échelle $\frac{1}{2}$) sont données figure 10.

La première feuille (figure 10 - a) est un imprimé constitué principalement par un quadrillage sur lequel sera faite une vue en plan de la zone.

Ce plan permet de situer à l'échelle (1 carreau = 10 cm x 10 cm) :

- les différents éléments qui constituent la mise en place géométrique de la zone : positions relatives du front, de l'arrière-taille, du convoyeur, des différents éléments de soutènement ;
- le contour des différentes chutes de blocs (1) : les parties de toit tombées sont dessinées et hachurées sur ce plan.

De plus, on note, sur cet imprimé, divers éléments de repérage de la zone (chantier, date, ...) et diverses indications précisant les conditions du chantier dans la zone (nature du soutènement, qualité du toit, du daisne, caractéristiques du foudroyage).

(1) Les mots "chutes de blocs" et "décolllements" sont, dans notre exposé, synonymes.

La deuxième feuille (figure 10 - b) est un papier calque fixé à l'imprimé précédent. On y dessine, rabattues, quatre coupes du toit (A, B, C, D) par des plans verticaux, perpendiculaires au front, espacés de 1 mètre. Ces coupes, qui sont cotées, permettent de préciser la forme et les dimensions des "décollements". De plus, on y représente les fissures observées dans le toit pour lesquelles on représente l'orientation de leur inclinaison, et pour lesquelles on peut noter l'ouverture entre leurs lèvres et leur profondeur apparente, mesurée par la pénétration d'un réglot. Les fissures dans lesquelles on ne peut enfoncer ce réglot sont dites "fissures fermées", et sont seulement indiquées.

B - DEFINITION DES PARAMETRES -

Nous définissons successivement les paramètres de chutes de blocs et les paramètres de fissuration.

1° - Paramètres de chutes de blocs

Il est facile, par un dénombrement de carrés sur l'imprimé précédemment décrit, d'évaluer la surface décollée dans une zone. Le paramètre SD s'exprime en décimètres carrés. Son intérêt principal réside dans la rapidité avec laquelle il est calculé. Sur l'exemple de la figure 10, $SD = 370 \text{ dm}^2$.

Cependant, les zones observées ont des dimensions variables : la distance non soutenue entre le front et la première ligne de soutènement est variable d'un chantier à l'autre suivant le schéma d'exploitation et, à l'intérieur d'une taille, suivant les conditions locales du travail ; il nous paraît préférable de rapporter cette surface décollée SD à la surface observée SO totale de la zone. Le paramètre SD/SO est un pourcentage et s'exprime donc par un nombre compris entre 0 et 100.

Sur notre exemple, $SO = 3 \cdot 2,9 = 8,7 \text{ m}^2 = 870 \text{ dm}^2$.
et $SD/SO = 370/870 = 42,5 \%$.

Nous pensons que ce paramètre sera un meilleur instrument de comparaison entre deux zones.

La hauteur maximale des décollements d'un relevé est lue directement sur le croquis coté. Le paramètre HMAX, qui s'exprime en centimètres, lui aussi particulièrement simple à déterminer, représente vraisemblablement bien une gêne nécessitant des efforts supplémentaires de soutènement. Sur notre exemple, $HMAX = 40 \text{ cm}$.

DEFINITION DES LIGNES DE SOUTÈNEMENT ET DES ALLÉES DE TRAVAIL

Coupe d'une taille
perpendiculaire au front

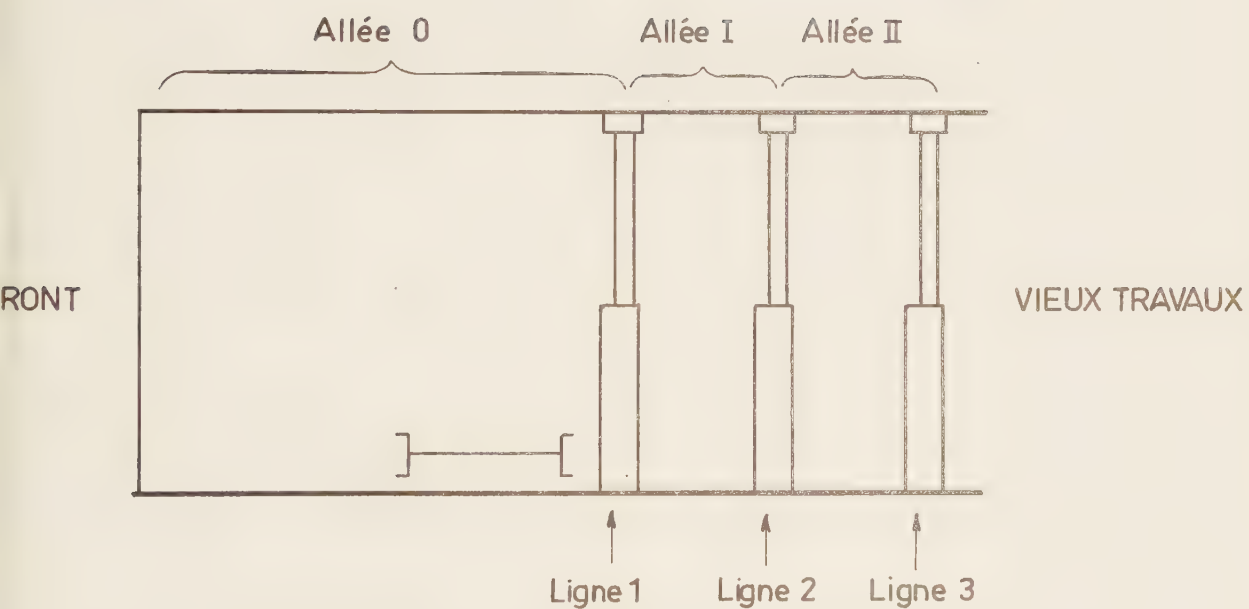
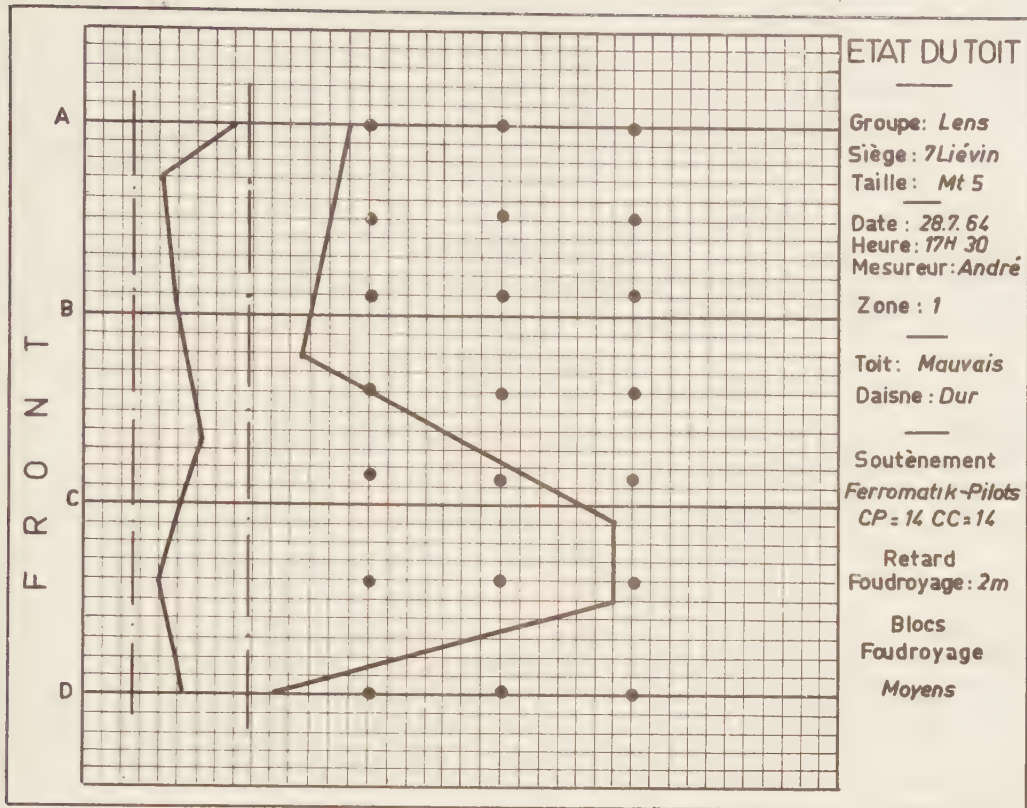


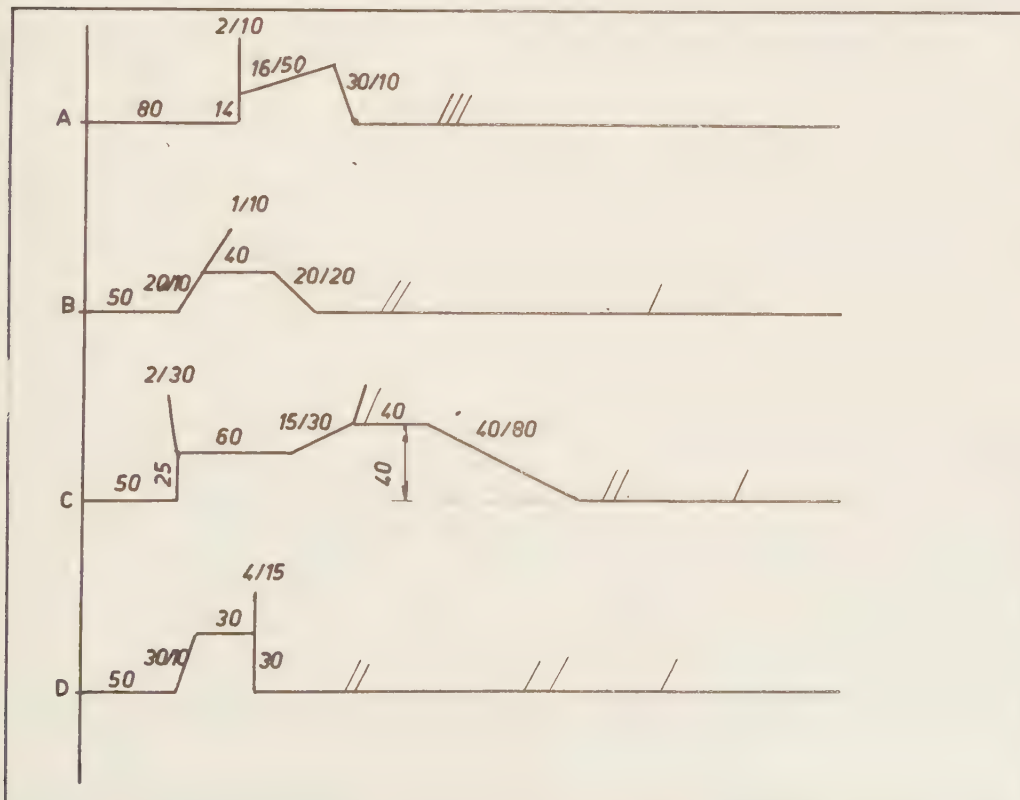
FIG.9



MODÈLE DE RELEVÉ



10-a



10-b



On obtient la hauteur moyenne d'un décollement (1) par un calcul effectué à partir des côtés des triangles et trapèzes qui schématisent ce décollement sur les coupes. Il s'agit bien sûr d'une approximation. Nous acceptons en effet, par souci de systématisation, les erreurs qui peuvent être introduites, par le fait que les coupes, étant disposées arbitrairement, ne sont pas forcément très représentatives de chaque décollement (2).

En multipliant cette hauteur moyenne par la surface de base du décollement, on obtient une évaluation du volume de chaque chute de bloc. La somme des volumes des différents décollements d'un relevé constitue le volume décollé $\underline{VD}$ exprimé en décimètres cubes.

$$VD = 370 \times 2,197 = 813 \text{ dm}^3.$$

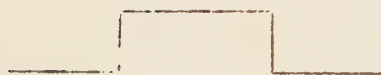
Comme précédemment, il nous a semblé utile de rapporter ce volume à la surface observée.

$\underline{VD/SO}$ s'exprime en décimètres cubes par mètre carré.

$$\text{Ici } VD/SO = \frac{813}{8,70} = 9,34 \text{ dm}^3/\text{m}^2.$$

Lorsqu'il y a plusieurs chutes de blocs, il nous a paru intéressant d'en calculer une hauteur moyenne H_{MOY} exprimée en centimètres, en divisant le volume total décollé par la surface décollée. S'il n'y a qu'un seul décollement, ce même calcul permet bien sûr de retrouver la valeur précédemment obtenue. Ici $H_{MOY} = 21,97 \text{ cm}$.

Le rapport $\underline{H_{MOY}/H_{MAX}}$, compris entre 0 et 1, nous a semblé susceptible de donner une idée de la forme des chutes de blocs, puisque, par exemple, il est égal à 1 si les coupes des décollements sont rectangulaires, à 0,5 si elles sont triangulaires.



$$H_{MOY}/H_{MAX} = 1$$



$$H_{MOY}/H_{MAX} = 0,5$$

$$\text{Dans notre exemple, } H_{MOY}/H_{MAX} = 21,97/40,00 = 0,549.$$

- (1) Nous retiendrons, plus loin, pour caractériser une zone, la hauteur moyenne des décollements de la zone (H_{MOY}). La hauteur d'un décollement ne sert ici que d'intermédiaire de calcul non retenu comme paramètre. En fait, le cas où il n'y a qu'un seul décollement dans une zone est fréquent. Alors bien sûr les deux valeurs sont égales.

- (2) Sur notre exemple, cette hauteur vaut, en centimètres:

$$\frac{(14+16) \cdot 50 + \frac{1}{2} 30 \cdot 10 + \frac{1}{2} 20 \cdot 10 + 20 \cdot 40 + \frac{1}{2} 20 \cdot 20 + 25 \cdot 60 + \frac{1}{2} (25+15) \cdot 30 + 40 \cdot 40}{50 + 10 + 10 + 40 + 20 + 60 + 30 + 40} + \frac{\frac{1}{2} 40 \cdot 80 + \frac{1}{2} 30 \cdot 10 + 30 \cdot 30}{80 + 10 + 30} = 21,97 \text{ cm}.$$

2° - Paramètres de fissuration

Les paramètres de chutes de blocs permettent essentiellement de décrire l'état apparent du toit. En essayant de définir des paramètres de fissuration, nous cherchons plutôt à caractériser une aptitude du toit à se dégrader davantage, ce que l'on pourrait appeler son "état latent". De tels paramètres, s'ils sont mis au point permettront peut-être d'émettre des hypothèses sur le mode de formation des chutes de blocs.

Les paramètres initialement proposés (et dont nous verrons en fait que nous avons abandonné la plupart) sont (1) :

NFO = nombre de fissures ouvertes repérées sur l'ensemble des quatre coupes de chaque relevé,
(NFO = 4 fissures ouvertes)

DFO = densité de fissures ouvertes : rapport de nfo à la longueur totale des 4 coupes A, B, C, D,
 $(DFO = \frac{4}{4 \times 2,9} = 0,35 \text{ fissure/mètre})$

NFF = nombre de fissures fermées, (NFF = 16 fissures fermées)

DFF = densité de fissures fermées,
 $(DFF = \frac{16}{4 \times 2,9} = 1,38 \text{ fissure/mètre})$

SH/LO = rapport de la somme des profondeurs des fissures ouvertes à la longueur des coupes sur lesquelles a porté l'observation des fissures. Nous avons choisi ce paramètre un peu "global" après nous être aperçu rapidement que la mesure de la profondeur de chaque fissure était très imprécise,

$$SH/LO = \frac{65}{4 \times 2,9} = 5,6 \text{ mm/m}$$

pourcentage des fissures ouvertes pour chacune des inclinaisons possibles

% /	pied vers la veine	(% / = 0,25)
%	verticales	(% = 0,50)
% \	pied vers les vieux travaux	(% \ = 0,25)

3° - Remarques sur le champ d'observation auquel se rapportent ces paramètres

Nous avons défini ci-dessus les paramètres pour une zone, c'est-à-dire, rappelons le, une surface de toit de 3 mètres de large comprise entre le front et la dernière ligne de soutènement.

(1) Nous donnons entre parenthèses les valeurs prises par ces paramètres sur le relevé de la figure 10.

Cependant, nous pouvons calculer ces paramètres en prenant une surface de référence différente. En particulier, nous avons pris dès nos premiers relevés l'habitude de calculer ces paramètres pour chacune des "allées" définies précédemment. Par exemple, $\frac{VD}{SO/O}$ représente le rapport du volume décollé à la surface observée dans l'allée 0.

Par ailleurs, nous serons conduits à calculer des valeurs moyennes de ces paramètres pour un ensemble de relevés destinés à représenter l'état du toit d'une taille ou d'une partie de taille.



EXAMEN CRITIQUE DES PARAMETRES RETENUS

CHAPITRE III

EXAMEN CRITIQUE DES PARAMETRES RETENUS



A - GENERALITES -

* Nous avons, dans ce qui précède, défini des paramètres dont nous pensons a priori que chacun d'eux peut être intéressant pour représenter l'état du toit.

Mais avant d'utiliser ces paramètres pour l'étude de l'influence d'un facteur (par exemple, le soutènement), il faut nous assurer qu'ils possèdent bien certaines qualités nécessaires. L'examen de ces différentes qualités nous a conduit à faire un certain nombre d'expériences dont nous donnerons, dans ce paragraphe, les principes et objectifs, et dont les résultats seront exposés dans les paragraphes suivants :

- a) il est important de savoir le degré de précision et de fidélité des mesures effectuées, c'est-à-dire de savoir si la part de dispersion des mesures dues aux imprécisions est faible ou importante par rapport aux variations des valeurs de paramètres d'une zone à l'autre.

Cette recherche est d'autant plus importante que :

- les mesures ne peuvent être qu'approximatives au fond : étant données les conditions de travail d'une part, l'irrégularité des formes des décollements d'autre part, les dessins effectués, bien que prenant l'aspect d'un dessin de bureau d'études, ne sont qu'un croquis schématique : les formes sont simplifiées, les cotes ne sont mesurées qu'à quelques centimètres près. (elles sont le plus souvent arrondies de façon à se terminer par 5 ou 0).
- il entre dans l'élaboration d'un relevé une part d'appréciation subjective du mesureur, appréciation qui peut être un facteur important de dispersion des mesures.

Pour contrôler ce point, nous avons décidé de faire ce que nous avons appelé des "relevés contradictoires". Ils consistaient à comparer les relevés faits dans une même zone par deux équipes différentes.

L'étude de la précision des relevés est développée dans le paragraphe B.

- b) les paramètres définis ci-dessus sont nombreux. Il est intéressant de pouvoir abandonner les uns ou les autres, ce qui ne peut se faire que si l'on montre qu'il existe des liaisons entre certains paramètres et qu'ainsi les résultats trouvés sur les uns sont transposables aux autres sans alourdir l'étude.

C'est pourquoi nous avons recherché systématiquement si il y avait des liaisons entre les paramètres choisis pris deux à deux.

Notons que cette étude des liaisons entre paramètres dont nous venons de donner l'objectif principal a un but secondaire : certaines de ces liaisons, si elles existaient, pourraient permettre de formuler des hypothèses sur les phénomènes relatifs à l'état du toit (forme des décollements, liaison entre chutes de blocs et fissuration, par exemple).

Cette recherche a été initialement faite sur notre première campagne dite "campagne de balayage" au cours de laquelle nous avons observé plusieurs chantiers. Elle a été reprise avec d'autres données plus nombreuses recueillies ultérieurement.

Nous en donnons les résultats dans le paragraphe C.

- c) les relevés effectués comportent l'observation d'une zone de terrains allant du front de taille jusqu'aux vieux travaux ; nous nous sommes demandés s'il ne serait pas suffisant de n'observer qu'une partie de cette surface. C'est pourquoi nous avons cherché s'il était possible de représenter les paramètres calculés sur une zone par ceux calculés sur une seule allée. Cette étude est décrite dans le paragraphe D.
- d) les paramètres ne sont intéressants que s'ils ont une variabilité suffisante, c'est-à-dire si les variations qu'ils subissent lorsqu'un facteur se modifie sont plus importantes que les variations enregistrées lorsque les conditions sont sensiblement constantes. C'est pourquoi il nous fallait étudier et comparer ces deux catégories de variations des paramètres : variations dues aux facteurs d'une part, variations propres aux paramètres d'autre part.

Nous avons commencé par rechercher, au cours de la "campagne de balayage", si nos paramètres permettaient de déceler entre les tailles les différences qui étaient apparues qualitativement au cours de nos visites.

Nous avons essayé de plus, au cours de quelques campagnes de mettre en évidence l'influence de facteurs dont nous pensions, grâce aux études antérieures sur les convergences et aux remarques de l'exploitant, qu'ils agissaient sur l'état du toit (stots ou limites d'exploitation, vitesse d'avancement par exemple). Il faut noter que, à ce stade, seul un résultat positif est concluant car il prouve à la fois l'influence des facteurs et la validité des paramètres. Un résultat négatif, au contraire, n'est pas suffisant pour rejeter les paramètres, l'influence du facteur pouvant être faible et donc indécélée, même avec de "bons" paramètres.

Ces différentes études seront présentées dans les paragraphes E "variabilité des paramètres". Ce paragraphe sera complété par un examen de la forme des distributions des paramètres retenus.

- e) la dernière qualité des paramètres que nous avons étudiée n'est pas la moins importante si nous voulons répondre aux objectifs de l'étude : il faut nous assurer que les paramètres retenus sont représentatifs, c'est-à-dire qu'il existe une relation entre ces paramètres et les gênes que peut causer à l'exploitation un mauvais état du toit. La recherche de cette liaison fait l'objet du paragraphe F.

Ce n'est qu'après ces diverses études des qualités - notamment de précision et fidélité, variabilité, représentativité - qui sont nécessaires à un "bon paramètre" que nous pourrions, en conclusion de cette première partie établir la liste définitive des paramètres retenus.

B - PRECISION ET FIDELITE : Relevés contradictoires

Les quelques remarques suivantes, faites après l'exécution des premiers relevés ont mis en évidence la possibilité d'influence de l'appréciation personnelle que nous avons évoquée plus haut.

- on note, sur les relevés, les chutes de blocs à partir d'un plan de référence dont la définition n'est pas rigoureuse. En effet, la veine est souvent constituée d'une alternance de bancs de charbon et de terre. S'il existe un faux toit, il importe de savoir si l'exploitant cherche à le retenir ou au contraire l'abat volontairement en même temps que le charbon : le plan de référence doit alors se situer, selon le cas, au-dessous ou au-dessus de ce faux toit. La détermination de la limite entre couches qui doit être considérée comme plan de référence est à faire pour chaque chantier. Par ailleurs, une fois ce bon toit défini, il faut mesurer les hauteurs des chutes de blocs. Quand les chutes sont nombreuses, il est malaisé d'apprécier très exactement, près des vieux travaux, où se trouve le plan de référence.
- la précision des cotes des chutes de blocs dépend a priori du coup d'oeil du mesureur, voire de son agilité pour atteindre les décollements à mesurer.
- les contours des décollements sont appréciés par le mesureur qui peut, selon son tempérament, exécuter des contours très détaillés ou au contraire "arrondir" ces contours en ne retenant que les formes les plus importantes.
- en ce qui concerne les relevés de fissures, il est difficile d'effectuer le décompte des fissures fermées, car il s'agit d'un phénomène peu visible. Cette observation nous a d'ailleurs conduit rapidement à abandonner ce décompte.
- dans l'appréciation des dimensions des fissures ouvertes, on a noté en particulier que l'on pouvait observer de grandes différences dans une mesure de profondeur selon l'inclinaison (à quelques degrés près) et la force d'enfoncement du réglot introduit dans la fissure pour faire cette mesure.

Pour rechercher l'importance de toutes ces influences, nous avons donc effectué des séries de relevés contradictoires où deux équipes relevaient chacune simultanément une même zone. Ces équipes choisissaient ensemble la zone à relever et précisaient en particulier les positions des quatre coupes A, B, C, D, de ce relevé. Elles faisaient ensuite indépendamment le tracé des contours et des coupes. Nous avons décidé de faire exécuter les relevés simultanément, la première équipe dessinant des coupes dans l'ordre A, B, C, D, la deuxième équipe dans l'ordre D, C, B, A. Ainsi, le temps écoulé entre ces deux relevés est du même ordre de grandeur que la durée d'exécution de chaque relevé sans que les deux équipes se gênent.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous les résultats de l'une des séries de relevés contradictoires, portant sur 33 relevés.

L'étude a porté sur les paramètres SD/SO, VD/SO, HMOY, HMAX, SH/LO mesurés, soit pour l'ensemble du relevé, soit pour l'allée Q.

Si X_i et Y_i sont, pour l'un des paramètres, les valeurs observées par les deux équipes sur le relevé de rang (i), on appelle :

$d_i = X_i - Y_i$ la différence entre ces valeurs

$md = \frac{\sum d_i}{n}$ la moyenne de ces différences

$Gd^* = \sqrt{\frac{\sum (d_i - md)^2}{n - 1}}$ l'écart-type estimé de ces différences

$m = \frac{\sum X_i + \sum Y_i}{2n}$ la moyenne de toutes les valeurs observées

$G^* = \sqrt{\frac{\sum (X_i - m)^2 + \sum (Y_i - m)^2}{2n - 1}}$ l'écart-type estimé de ces valeurs observées

Deux points de vue doivent diriger l'examen du tableau I où sont résumés les résultats.

1° - Y-a-t-il une erreur systématique de l'un des opérateurs ?

Ce serait le cas, par exemple, si chacune des hauteurs mesurées par l'un était supérieure de 5 cm à chacune des hauteurs mesurées par l'autre.

La réponse à cette question se fait au moyen du test d'appariement: une différence est mise en évidence si la valeur de $t = \frac{md}{Gd/\sqrt{n}}$ est extérieure à l'intervalle $(-2, +2)$ si le risque choisi de mettre en évidence une différence inexistante est de 5 %.

2° - Dans le cas où l'on ne met pas en évidence d'erreur systématique la différence des deux valeurs donne une idée de l'imprécision des mesures :

Le rapport $\frac{Gd^*}{G^*}$ de l'écart-type Gd^* de ces différences à l'écart-type G^* des valeurs observées chiffre l'importance relative de cette imprécision.

TABLEAU I

RELEVES CONTRADICTOIRES

RESULTATS DE LA SERIE D'ESSAIS

MARS 1964

Paramètre d'état du toit		σ^*	md	σ_d^*	$t = \frac{md}{\sigma_d^* \sqrt{n}}$	$\frac{\sigma_d^*}{\sigma^*}$
SD/SO	allée 0	22,8	0,44	7,14	0,338	31,3 %
VD/SO	allée 0	134,9	3,6	30,21	0,679	22,4 %
HMOY	allée 0	13,0	0,86	2,55	1,91	19,6 %
HMAX	allée 0	17,34	1,95	5,23	2,097	30,2 %
SD/SO	zone	17,85	0,90	5,9	0,90	33,0 %
VD/SO	zone	126,6	9,9	37,0	1,52	29,2 %
HMOY	zone	11,84	1,29	3,19	2,34	26,9 %
HMAX	zone	17,89	2,06	4,08	2,87	22,8 %
SH/LO	zone	33,89	13,0	35,0	2,09	103,3 %

L'examen du tableau I permet d'énoncer les propositions suivantes :

- 1° - Il n'y a, au risque choisi, d'erreur systématique pour les décollements que sur les mesures de hauteur relatives à l'ensemble de la zone. On ne détecte pas d'erreur systématique sur le paramètre SD/SO représentatif de la surface de base des décollements. Les erreurs sur les hauteurs ne sont pas suffisantes pour perturber de façon sensible les mesures de volume dans le calcul desquelles elles interviennent.
- 2° - Le rapport $\frac{\sigma_d^*}{\bar{G}^*}$ est élevé et l'imprécision des mesures peut atteindre

le tiers des variations des mesures. Pour observer des variations des paramètres de même ordre de grandeur que les variations observées ici, il faudra multiplier les mesures effectuées. En effet si σ_d^* est l'écart-type représentant les erreurs de mesure, il y a environ 95 chances sur 100 que la vraie valeur x d'un paramètre soit comprise entre $x - 2\sigma_d^*$ et $x + 2\sigma_d^*$ si x est d'une valeur observée unique ; il y a environ 95 Chances sur 100 pour que x soit compris entre $m - \frac{2\sigma_d^*}{\sqrt{n}}$ et $m + \frac{2\sigma_d^*}{\sqrt{n}}$ si m est la moyenne de n valeurs observées. L'erreur sur des moyennes d'observation est donc plus faible que l'erreur sur chacune des observations.

- 3° - En ce qui concerne les mesures relatives aux fissures, les valeurs du paramètre SH/LO sont significativement différentes. Par ailleurs, la dispersion des différences entre les mesures faites par deux opérateurs est du même ordre de grandeur que la dispersion des mesures elles-mêmes $\frac{\sigma_d^*}{\bar{G}^*} = 103,3 \%$. Nous avons donc décidé d'abandonner ce paramètre pour nous contenter, à l'avenir, d'un simple recensement des fissures ouvertes.

En définitive, les relevés contradictions nous ont montré l'importance de la part de dispersion des paramètres due à l'imprécision des relevés. En conséquence, pour l'étude ultérieure de facteurs, on a conclu qu'il faudrait effectuer un grand nombre de relevés pour espérer obtenir des résultats, car on devra surtout attacher au prix à des valeurs moyennes des paramètres sur plusieurs relevés et non aux valeurs prises individuellement. Par ailleurs, nous avons même été conduits à abandonner la plupart des paramètres de fissuration auxquels nous avons songé en ne retenant plus que le décompte des fissures ouvertes, par inclinaison.

C - LIAISONS ENTRE LES PARAMETRES -

Nous présenterons successivement deux études faites pour aborder ce problème avant de résumer les conclusions auxquelles nous arrivons.

1° - Campagne de balayage

Les premiers relevés que nous avons faits ont pris la forme d'une "campagne de balayage". Le principe de cette campagne était d'observer, dans le minimum de temps, le maximum de cas possibles, de façon à ce que les paramètres étudiés varient le plus possible. Il est en effet d'autant plus facile de déceler des liaisons existantes que le champ d'observation est plus large.

Cette campagne de balayage s'est déroulée du 20 septembre 1963 au 31 octobre 1963. Pendant cette période, 31 tailles ont été visitées, 173 relevés de zones ont été effectués. Certains de ces relevés ont été éliminés parce qu'exécutés pendant les premiers jours par des mesurcurs inexpérimentés. Le nombre de relevés utilisables est de 161.

Les tailles examinées se répartissent parmi 7 sièges du groupe d'Hénin-Liétard des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Dans chacun des sièges, le choix des tailles à examiner a été fait d'après les observations qualitatives d'un ingénieur d'exploitation en s'efforçant de retenir des chantiers présentant, du point de vue de la qualité de leur toit, les conditions les plus variées.

Le nombre de zones relevées dans chaque taille a varié de 1 à 10 à cause des difficultés variables des conditions de mesure dans les chantiers (faible ouverture, complexité des formes de l'état du toit), de la durée variable de présence au chantier des mesureurs (qui effectuaient soit des postes complets, soit des descentes plus courtes), des tâtonnements de la méthode de relevé pendant les premiers jours. Le choix de l'emplacement de ces zones a été fait de manière à obtenir des relevés dans des conditions aussi variées que possible : lorsque le nombre de zones relevées était faible, une rapide visite de la taille a permis de localiser les endroits "bons" et les endroits "mauvais" ; on décidait de placer des zones de mesure dans chacune des parties ainsi définies ; lorsque le nombre des zones relevées était plus important, les emplacements de ces zones étaient déterminés a priori, avant de rentrer dans la taille (par exemple tous les dix mètres) de façon à obtenir un échantillonnage plus représentatif.

Pour tenter de mettre en évidence une liaison entre deux paramètres, la méthode usuelle est de rechercher s'il existe entre eux une corrélation.

Les tableaux II et III donnent les valeurs des carrés des coefficients R^2 que l'on a trouvés (la valeur de R^2 correspondant à la liaison entre deux paramètres se trouve à l'intersection de la ligne et de la colonne correspondant à chacun de ces paramètres).

Plusieurs remarques doivent être faites à propos de ces tableaux :

- un nombre important de relevés présente un décollement sur toute la surface du relevé ($SD/SO = 100$). Dans ce cas, $HIOY$ et VD/SO s'expriment, aux unités près, par le même nombre. Ces relevés fournissent donc des points particuliers des corrélations étudiées. C'est pourquoi si le tableau II résume les calculs effectués sur l'ensemble des valeurs observées, le tableau III résume les calculs qui ont été faits après élimination de ces valeurs particulières.
- lorsqu'il n'y a pas de chutes de blocs dans une zone, $HIOY$ et $HMAX$ sont égaux à 0 et $HIOY/HMAX$ n'est pas défini. Lorsqu'il n'y a pas de fissure, le paramètre $\% / (1)$ n'est pas défini non plus. C'est pourquoi les corrélations faisant intervenir l'un ou l'autre de ces paramètres sont calculées sur un nombre de couples (N_2) inférieur à celui des couples utilisés pour les autres corrélations (N_1).

Nous dirons qu'il existe une liaison significative entre deux paramètres si R^2 est supérieur à une certaine limite. Celle-ci est déterminée en utilisant le fait que la quantité $\frac{(N-2) R^2}{1-R^2}$ suit,

dans le cas d'une absence de liaison, une loi de SNEDCOK à 1 et $N-2$ degré de liberté. Au risque de 5 %, cette quantité doit être supérieure à 3,90 environ (peu variable avec N , pour les valeurs présentées de N) pour être significative de l'existence d'une liaison. Cela conduit à des limites inférieures pour R^2 égales à :

Tableau II	$N_1 = 157$	$R^2 = 0,025$
	$N_2 = 134$	$R^2 = 0,029$
Tableau III	$N_1 = 120$	$R^2 = 0,032$
	$N_2 = 98$	$R^2 = 0,039$

Les valeurs significatives d'une liaison sont soulignées dans les tableaux II et III.

On note ainsi que les deux tableaux montrent qu'il existe des relations très significatives entre les principaux paramètres de chutes de blocs SD ; SD/SO ; VD ; VD/SO ; $HMAX$; $HIOY$.

Le paramètre $\% /$ n'est lié à aucun des autres. Mises à part les relations entre $HMAX$ ou $HIOY/HMAX$ et DFO (2), les autres relations mises en évidence sont très peu significatives, les valeurs observées de R^2 étant trop voisines des seuils indiqués ci-dessus.

(1) Rappelons qu'il s'agit du pourcentage de fissures inclinées "pied vers la veine".

(2) DFO = densité de fissures ouvertes.

LIAISON ENTRE PARAMETRES - CAMPAGNE DE BALAYAGE

Carrés des Coefficients de Corrélation : R^2

SD	1,000									
SD/SO	<u>0,929</u>	1,000								
VD	<u>0,501</u>	<u>0,493</u>	1,000							
VD/SO	<u>0,467</u>	<u>0,522</u>	<u>0,963</u>	1,000						
HMAX	<u>0,375</u>	<u>0,359</u>	<u>0,665</u>	<u>0,644</u>	1,000					
HMOY	<u>0,362</u>	<u>0,397</u>	<u>0,886</u>	<u>0,907</u>	<u>0,751</u>	1,000				
HMOY/HMAX	0,001	0,012	<u>0,060</u>	<u>0,085</u>	0,024	<u>0,094</u>	1,000			
DFO	0,023	0,019	0,007	0,006	<u>0,086</u>	0,023	<u>0,076</u>	1,000		
% /	0,001	0,003	0,009	0,010	0,000	0,009	0,018	0,007	1,000	
Paramètres	SD	SD/SO	VD	VD/SO	HMAX	HMOY	HMOY/HMAX	DFO	% /	

TABLEAU II

Toutes valeurs comprises

N1 = 157

N2 = 134

TABLEAU III

Relevés où SD/SO $\approx$ 100 % exceptés

N1 = 120

N2 = 98

SD	1,000									
SD/SO	<u>0,941</u>	1,000								
VD	<u>0,733</u>	<u>0,657</u>	1,000							
VD/SO	<u>0,689</u>	<u>0,698</u>	<u>0,949</u>	1,000						
HMAX	<u>0,322</u>	<u>0,313</u>	<u>0,441</u>	<u>0,456</u>	1,000					
HMOY	<u>0,382</u>	<u>0,376</u>	<u>0,705</u>	<u>0,734</u>	<u>0,627</u>	1,000				
HMOY/HMAX	0,009	0,008	0,004	0,004	<u>0,196</u>	0,017	1,000			
DFO	<u>0,040</u>	<u>0,051</u>	<u>0,034</u>	<u>0,044</u>	<u>0,201</u>	<u>0,102</u>	<u>0,092</u>	1,000		
% /	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,006	0,000	1,000	
Paramètres	SD	SD/SO	VD	VD/SO	HMAX	HMOY	HMOY/HMAX	DFO	% /	

Sur le tableau IV qui donne les équations des droites des moindres carrés représentant les principales relations mises en évidence, il faut essentiellement constater que :

- le fait de tenir ou non compte des relevés où $SD/SO = 100$ ne modifie pas l'ordre de grandeur des coefficients des droites de régression, ceux-ci variant, au plus, du simple au double.
- les valeurs des pentes des liaisons entre SD et SD/SO , d'une part, et VD/SO d'autre part sont dues au fait que la surface observée est souvent voisine de 12 m² (pour une distance entre le front de taille et la dernière ligne de soutènement voisine de 4 mètres).
- les pentes des liaisons entre SD et VD d'une part, entre SD/SO et VD/SO d'autre part sont bien sûr semblables, les ordonnées à l'origine étant dans le rapport de 1 à 12 environ dont la raison est donnée ci-dessus.
- en ce qui concerne la liaison entre $HMAX$ et $HMOY$, la pente calculée pour tous les relevés est voisine de la moyenne des rapports $HMOY/HMAX$ (0,597). Les rapports des pentes des relations entre $HMAX$ et SD, SD/SO , VD , VD/SO d'une part, entre $HMOY$ et SD, SD/SO , VD , VD/SO d'autre part sont voisins du rapport $HMOY/HMAX$.

En résumé, on constate qu'il existe entre les principaux paramètres de chutes de blocs des relations - autour desquelles il subsiste, naturellement, une importante dispersion - dont les coefficients en représentation linéaire ont des valeurs non surprenantes.

2° - Campagne prolongée dans une taille

La campagne qui a suivi notre campagne de balayage a été effectuée en taille intermédiaire 3 du Siège 9 Nord du groupe d'Hénin-Liétard. Ses objectifs principaux seront évoqués dans les paragraphes suivants (1). Précisons que nous avons pu, en ce qui concerne l'étude actuelle, en tirer 157 couples de valeurs de paramètres VD/SO et SD/SO .

Le coefficient R de corrélation entre ces deux paramètres a été alors trouvé égal à 0,31 (pour l'ensemble des 157 relevés), ou 0,46 (si l'on ne tient compte que des 60 relevés où SD/SO est différent de 100). Ces valeurs sont suffisantes pour être significatives de l'existence d'une liaison.

3° - Conclusions

Ces différentes études ont montré qu'il existait des liaisons entre les paramètres de chutes de blocs. Ces liaisons, assez dispersées, montrent simplement que les différents paramètres retenus caractérisent bien l'importance de ces décolllements : un petit décolllement entraîne de faibles valeurs de l'ensemble des paramètres, un grand décolllement en entraîne des valeurs élevées.

(1) à propos de la recherche de liaison entre les caractéristiques d'état du toit et les gênes d'exploitation (paragraphe F).

TABLEAU IV

* LIAISON ENTRE PARAMETRES - CAMPAGNE DE BALAYAGE

METRES	Equation TABLEAU A N = 157 TOUTES VALEURS COMPRISES				Equation TABLEAU B N = 120 RELEVES où SD/SO $\neq$ 100			
	Equation				Equation			
SD/SO dm ² /m ²	SD/SO = 0,081 SD = 11,404	SD + 2,781 SD/SO + 11,427			SD/SO = 0,077 SD = 12,081	SD + 2,488 SD/SO - 2,647		
VD/SO dm ³ /m ²	VD/SO = 0,084 VD = 11,442	VD + 4,035 VD/SO + 9,859			VD/SO = 0,077 VD = 12,245	VD + 3,717 VD - 5,828		
VD	VD = 3,274 SD = 0,152	SD - 410,287 VD + 346,439			VD = 2,283 SD = 0,320	SD - 202,287 VD + 170,568		
VD/SO	VD/SO = 3,390 SD/SO = 0,153	SD/SO - 39,614 VD/SO + 29,447			VD/SO = 2,208 SD/SO = 0,315	SD/SO - 15,083 VD/SO + 14,718		
VD/SO	VD/SO = 0,271 SD = 1,722	SD - 28,158 VD/SO + 350,087			VD/SO = 0,176 SD = 3,911	SD - 11,941 VD/SO + 169,126		
SD/SO	SD/SO = 0,012 VD = 38,433	VD + 31,292 SD/SO - 426,140			SD/SO = 0,024 VD = 26,943	VD + 16,066 SD/SO - 187,450		
SD	SD = 10,543 HMAX = 0,035	HMAX + 248,062 SD + 10,316			SD = 9,695 HMAX = 0,033	HMAX + 164,726 SD + 10,563		
SD/SO	SD/SO = 0,871 HMAX = 0,411	HMAX + 22,361 SD/SO + 10,140			SD/SO = 0,767 HMAX = 0,407	HMAX + 14,690 SD/SO + 10,203		
VD	VD = 64,951 HMAX = 0,010	HMAX - 514,917 VD + 15,697			VD = 30,292 HMAX = 0,014	HMAX - 18,144 VD + 13,803		
VD/SO	VD/SO = 5,478 HMAX = 0,117	HMAX - 39,842 HMAX + 15,473			VD/SO = 2,449 HMAX = 0,186	HMAX - 0,421 VD/SO + 12,888		
HMOY mm	HMOY = 5,701 HMAX = 0,131	HMAX + 1,692 HMOY + 7,401			HMOY = 3,886 HMAX = 0,161	HMAX + 28,898 HMOY + 4,155		
SD	SD = 1,574 HMOY = 0,229	HMOY + 292,658 SD + 43,840			SD = 2,151 HMOY = 0,177	HMOY + 134,001 SD + 50,791		
SD/SO	SD/SO = 0,139 HMOY = 2,850	HMOY + 24,492 SD/SO + 34,870			SD/SO = 0,171 HMOY = 2,194	HMOY + 12,159 SD/SO + 48,500		
VD	VD = 11,395 HMOY = 0,077	HMOY - 534,048 VD + 62,371			VD = 7,798 HMOY = 0,090	HMOY - 243,749 VD + 57,814		
VD/SO	VD/SO = 0,988 HMOY = 0,917	HMOY - 46,167 VD/SO + 58,631			VD/SO = 0,633 HMOY = 1,158	HMOY - 18,969 VD/SO + 54,089		

REPRESENTATIVITE D'UNE ZONE PAR UNE ALLEE DE TRAVAIL
CAMPAGNE INTERMEDIAIRE 3

Valeurs du coefficient R^2 entre les valeurs des paramètres

- pour la zone d'une part
- pour l'une des allées d'autre part

TABLEAU V - Toutes valeurs n = 157

Allée Paramètres	Allée 0	Allée I	Allée II
SD/SO	0.7723	0.6508	0.6016
VD/SO	0.8451	0.8866	0.7880

TABLEAU VI - Décollements complets exclus n = 60

Allée Paramètres	Allée 0	Allée I	Allée II
SD/SO	0.6599	0.6242	0.5723
VD/SO	0.7817	0.8944	0.7988

Il sera donc possible, à l'avenir, de ne retenir qu'un seul de ces paramètres. Le choix, que nous ferons plus loin, d'un paramètre unique pour caractériser les chutes de blocs ne permettra cependant sans doute pas une simplification des relevés car, par exemple, le relevé complet est nécessaire pour calculer VD/SO ou $HMOY$.

Les équations de ces liaisons nous ont semblé ne refléter que des relations dues au mode de relevé.

Les autres paramètres ($HMOY/HMAX$, fissuration) ne sont pas liés aux précédents et cette étude conduit à les conserver.

D - REPRESENTATIVITE D'UNE ZONE PAR UNE ALLEE DE TRAVAIL -

Les 157 relevés issus de la campagne en taille intermédiaire 3 (1) ont été dépouillés de façon à calculer les valeurs des principaux paramètres aussi bien pour l'ensemble d'une zone, que séparément pour chacune des allées de travail composant cette zone.

Si nous trouvons que ces valeurs d'un même paramètre calculées pour des surfaces observées différentes sont assez bien liées entre elles, on pourra décider de ne plus observer à l'avenir l'ensemble d'une zone, mais seulement une allée de travail, ce qui conduira à une simplification très intéressante de l'observation en taille.

Le tableau V donne les valeurs des carrés des coefficients de corrélation R entre les valeurs des paramètres VD/SO et SD/SO calculées pour la zone, d'une part, pour chacune des allées, d'autre part.

Une corrélation établie avec 157 couples est significative au risque 5 % près, si $R^2 > 0,0258$. Toutes ces liaisons sont donc très nettement significatives.

Si l'on élimine de ces calculs les relevés pour lesquels les décollements recouvrent toute la zone et qui constituent des points particuliers de la liaison précédente, on trouve, pour 60 couples, les coefficients R^2 du tableau VI.

Le seuil de signification, à 5 % étant dans ce cas de 0,0645, toutes ces liaisons restent très nettement significatives.

La zone est mieux représentée par l'allée 0 en ce qui concerne SD/SO et par l'allée I en ce qui concerne VD/SO . Le fait que l'observation qualitative nous ait montré que les décollements se produisent le plus souvent dès la découverte du front de taille, et celui qu'il est dans la plupart des cas plus aisé d'observer dans l'allée 0 que dans les autres allées où le toit est en partie caché par les éléments de soutènement, nous ont conduits à choisir, pour l'avenir, de n'observer que l'allée 0.

(1) décrite plus loin, paragraphe F



E - VARIABILITE DES PARAMETRES -1° - Etude de la variabilité entre tailles par la campagne de balayage

Nous nous étions efforcés, au cours de la campagne de balayage, d'observer des tailles aussi diverses que possible. Il est important de chercher si les divers paramètres que nous utilisons rendent compte de cette diversité. Dans le cas contraire on effet, ces paramètres ne conserveraient aucun intérêt puisque l'on ne pourrait espérer mettre en évidence des différences moins évidentes que celles introduites ici : cela revient à dire que nos paramètres ne méritent d'être considérés que s'ils constituent un outil au moins aussi efficace que l'observation directe et empirique. Si cette condition est réalisée, nous serons autorisés à mettre en oeuvre ces paramètres pour essayer de déceler ou de chiffrer les influences de facteur dont l'action n'est pas flagrante.

Bien que nous ne disposions que de peu de valeurs (158 valeurs pour 27 chantiers différents), nous vérifions que les variations dues à la diversité des tailles sont suffisamment supérieures aux variations propres dans chaque taille pour que la différence existant entre les tailles soit mise en évidence par un test classique d'analyse de variance. En effet, il suffit pour cette vérification, avec un risque de 5 % que le rapport F de ces deux types de variation soit supérieur à la valeur 1,5 lue dans une table de Snedecor ; et les valeurs de ce rapport observées pour chacun des principaux paramètres de décollement sont :

Paramètres	Valeurs de F
SD/SO	8,5
VD/SO	18,0
HMOY	10,7

Le petit nombre d'observations utilisées ne nous a pas permis de vérifier que les conditions d'application (normalité, égalité des variances internes de chaque taille) de l'analyse de variance sont rigoureusement respectées, mais nous pensons que les valeurs trouvées de F, très supérieures au seuil de signification, permettent de conclure que les paramètres retenus sont suffisamment sensibles pour rendre compte des différences observées. Il faut remarquer qu'ici c'est le paramètre VD/SO qui est le plus sensible puisque F prend pour ce paramètre la valeur la plus élevée.

2° - Etude de la variabilité des paramètres par la recherche de l'influence de facteurs connus

Nous avons essayé, à plusieurs reprises, par de courtes campagnes, de montrer que nos paramètres pouvaient servir à déceler des influences de facteurs connus.

Aucune de ces expériences n'a donné de résultats vraiment positifs, et nous pensons que cela est dû, essentiellement, au fait qu'elles étaient effectuées à peu de frais, selon un plan d'expériences trop simple pour apporter les garanties nécessaires à une conclusion probante.

Nous sommes encouragés dans cette opinion par certains résultats qui sont apparus, sans être significatifs, et que nous citons sommairement ci-dessous.

Dans plusieurs tailles, il a été observé qualitativement qu'un passage sous un stot sus-jacent entraînait un accroissement de l'importance des chutes de blocs. Il n'a pas été effectué de mesures, mais il est vraisemblable que cette augmentation aurait été sensible sur des paramètres tels que VD/SO ou $HIOY$.

Dans une taille (Désirée 6), nous avons tenté de mettre en évidence, avec des mesures, l'influence du passage sous une limite d'exploitation (dans Eugénie), oblique par rapport au chantier (figure 11). Des relevés ont été effectués chaque jour, pendant un peu plus d'un mois dans sept zones dont l'emplacement est indiqué sur la figure 11 (41-42, 36-37, ... 11-12). Les paramètres d'état du toit étaient très variables dans cette taille comme le montre la figure 12 qui représente, pour chacune des sept zones, l'évolution de VD/SO au cours de la campagne. Cependant on note que la plupart de ces courbes présentent un maximum (et souvent le maximum le plus élevé) correspondant sensiblement au passage du point correspondant du front sous la limite d'exploitation dans la veine Eugénie sus-jacente.

Enfin, pensant avec l'exploitant que la vitesse d'avancement pouvait être un facteur important, nous avons voulu profiter du ralentissement d'une taille causé par la période des congés annuels pour rechercher cette influence. Il était prévu que la taille observée, qui marchait habituellement à deux postes, ne marcherait plus qu'à un seul poste (donc avec une vitesse réduite) pendant environ six semaines, avant de reprendre un rythme normal. Les observations sont schématisées par la figure 13. La taille ne présentait presque pas de chutes de blocs avant le ralentissement. Immédiatement après celui-ci, des chutes de blocs importantes se sont produites. Au moment de la reprise d'activité, cette importance s'est réduite. Malheureusement l'exploitation du chantier fut, contrairement aux prévisions, arrêtée rapidement, ce qui ne nous a pas permis de poursuivre l'observation jusqu'à un éventuel retour au niveau antérieur des chutes de blocs.

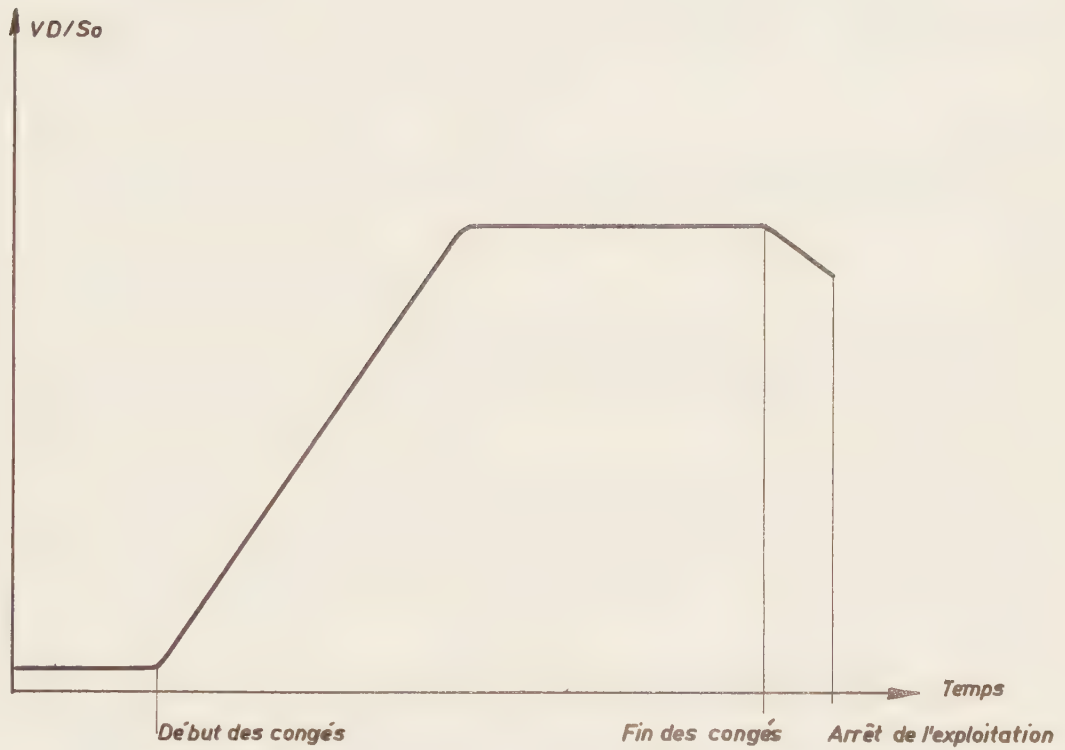
INFLUENCE D'UNE LIMITE D'EXPLOITATION-DÉSIRÉE 6



FIG 11



INFLUENCE DE LA VITESSE D'AVANCEMENT



Représentation schématique des résultats observés
dans une taille ralentie pendant les congés annuels



Ces quelques expériences n'apportent donc pas de réponse définitive à la question de savoir si nos paramètres sont suffisamment sensibles pour être utilisés dans la recherche d'influences de facteurs. Elles nous ont montré cependant, à peu de frais, qu'il n'était pas absurde d'espérer un tel résultat, à condition toutefois de multiplier le nombre des mesures pour déceler des influences peu importantes, et de s'assurer de bonnes conditions d'expériences, en subordonnant éventuellement le cours de l'exploitation aux nécessités du plan d'expérience. Disons dès maintenant que des essais ultérieurs qui sont décrits dans notre deuxième partie ont mis en oeuvre ces principes et confirmé ces conclusions provisoires, puisque nous avons pu, en multipliant les mesures dans le cadre d'un plan d'expérience important mettre en évidence des différences entre des zones équipées de soutènements différents.

Ces deux remarques, pour être réalisées, nécessiteront des crédits nettement plus importants que ceux utilisés dans ces premières recherches.

3° - Forme des distributions

Une condition importante doit être remplie pour que les tests statistiques qu'il est habituel d'utiliser pour effectuer des comparaisons soient valides : c'est la normalité des distributions des paramètres.

En d'autres termes, les conclusions d'une étude utilisant ces tests ne sont rigoureuses que si l'on a fait la preuve que les valeurs observées des paramètres peuvent être considérées comme extraites d'une population dont la loi de probabilité est une loi de Gauss.

Cependant cette condition n'est pas si draconienne, puisqu'il est possible d'utiliser des approximations de ces tests classiques : comme nous sommes déjà conduits à envisager des nombres importants de mesures, il faut se rappeler que, grâce à la loi des grands nombres, on peut considérer que les moyennes des valeurs observées suivent des lois normales, si les distributions des paramètres ne sont pas trop irrégulières et si ces valeurs sont assez nombreuses. L'usage de cette approximation ajoute une incertitude aux risques d'erreur inhérents au raisonnement statistique, mais ne doit pas empêcher d'utiliser celui-ci dans des recherches plus pratiques que théoriques.

Néanmoins, il importe d'étudier la répartition des paramètres proposés afin de juger s'il est possible d'utiliser ces approximations ou s'il est nécessaire d'employer des tests non paramétriques qui, ne faisant aucune hypothèse sur les distributions, permettent de conclure, quoique avec moins d'efficacité.

A titre d'exemple, la figure 14 montre les histogrammes des valeurs observées des paramètres SD/SO (a) VD/SO (b) et HMOY (c) au cours de la campagne de balayage et celui du paramètre VD/SO (d) au cours de la campagne de comparaison de soutènement à laquelle nous avons fait allusion (sur ce dernier graphique il n'a pas été tenu compte des valeurs $VD/SO = 0$ correspondant à des relevés sans aucune chute de blocs qui représentent une part importante des relevés observés).

L'examen de ces graphiques nous conduit à proposer les méthodes suivantes pour caractériser un ensemble d'observations :

- 1° - dans l'état actuel de nos études, on peut retenir
 - la proportion des relevés ne présentant pas de chutes de blocs, qui serait comparée à d'autres par les tests usuels de comparaison de proportion ;
 - les caractéristiques des distributions des valeurs observées non nulles des différents paramètres. Les distributions peuvent être considérées comme suffisamment régulières pour que des moyennes d'observations satisfassent assez bien la condition de normalité.
- 2° - lorsque davantage de mesures auront été effectuées dans des conditions variables, on pourra envisager de préciser la forme de ces distributions et de construire des tests de comparaison plus adaptés que ceux, approchés ici, utilisant l'hypothèse de la normalité.

F - REPRESENTATIVITE DES PARAMETRES -

Nous avons attaché une grande importance à la vérification de la représentativité de nos paramètres, c'est-à-dire à leur liaison avec les gênes causées à l'exploitant par un mauvais état du toit.

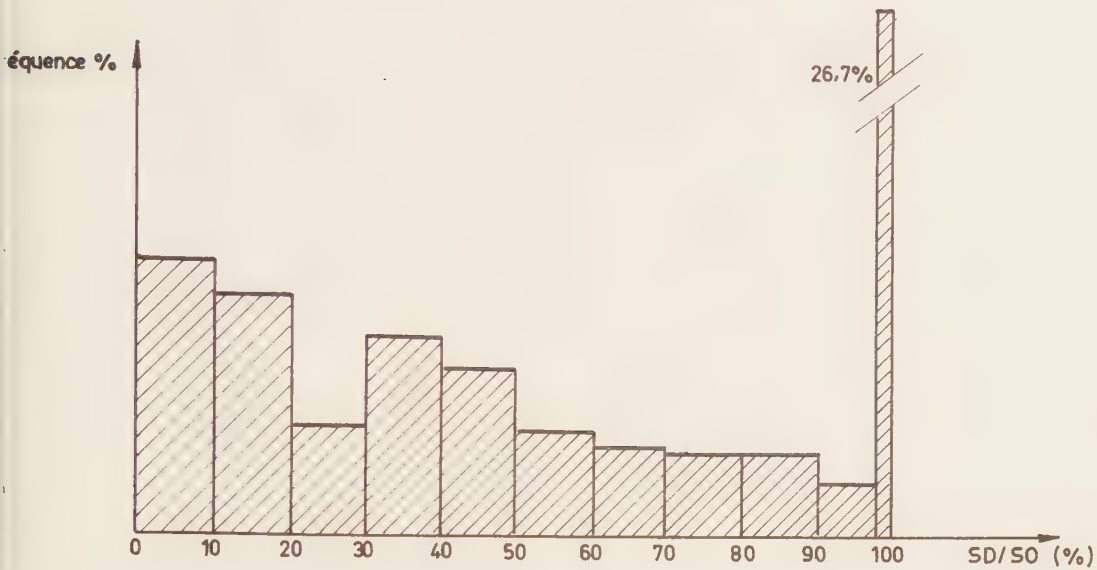
Comme nous l'expliquons ci-dessous, nous avons d'abord tenté d'étayer objectivement cette liaison. Mais devant l'échec de cette démarche, nous n'avons pu que rassembler des jugements qualitatifs pour défendre la validité des paramètres.

Qu'avions-nous essayé ?

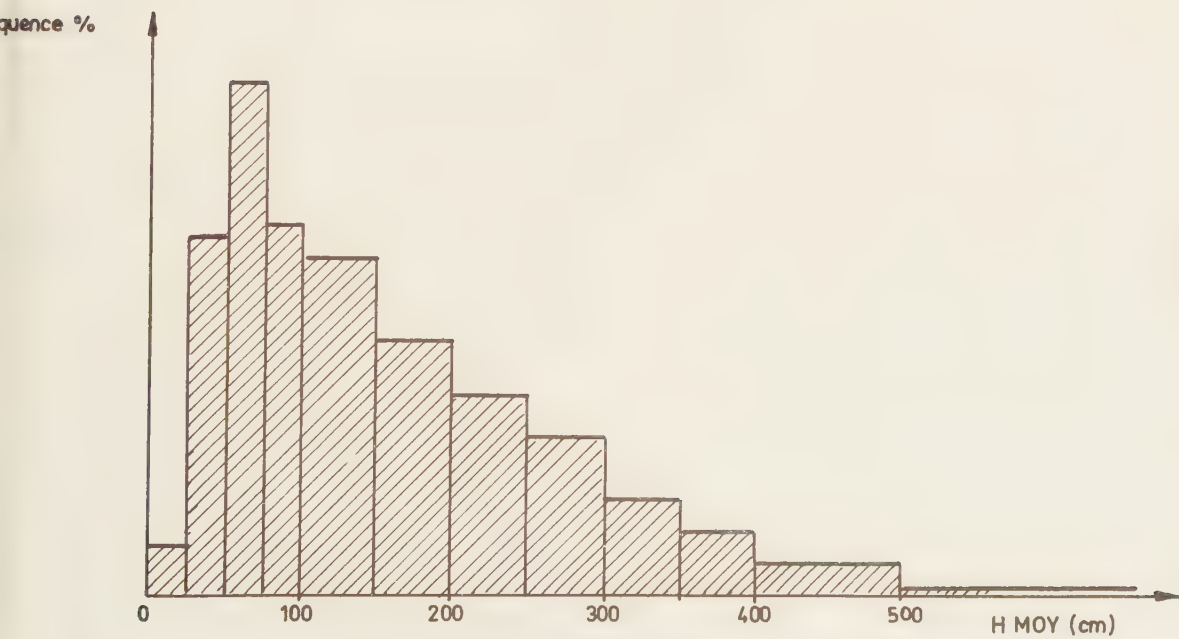
Au cours d'une campagne de mesures effectuée pendant un mois (décembre 1963) dans la Taille Intermédiaire 3 du Siège 9 du Groupe d'Hénin-Liétard, nous avons rassemblé conjointement, avec un personnel nombreux :

- des relevés d'état du toit
- des chronométrages des opérations de boisage
- des enregistrements de la marche de la taille.

DISTRIBUTION DES PARAMÈTRES EXEMPLES D'HISTOGRAMMES



(a)

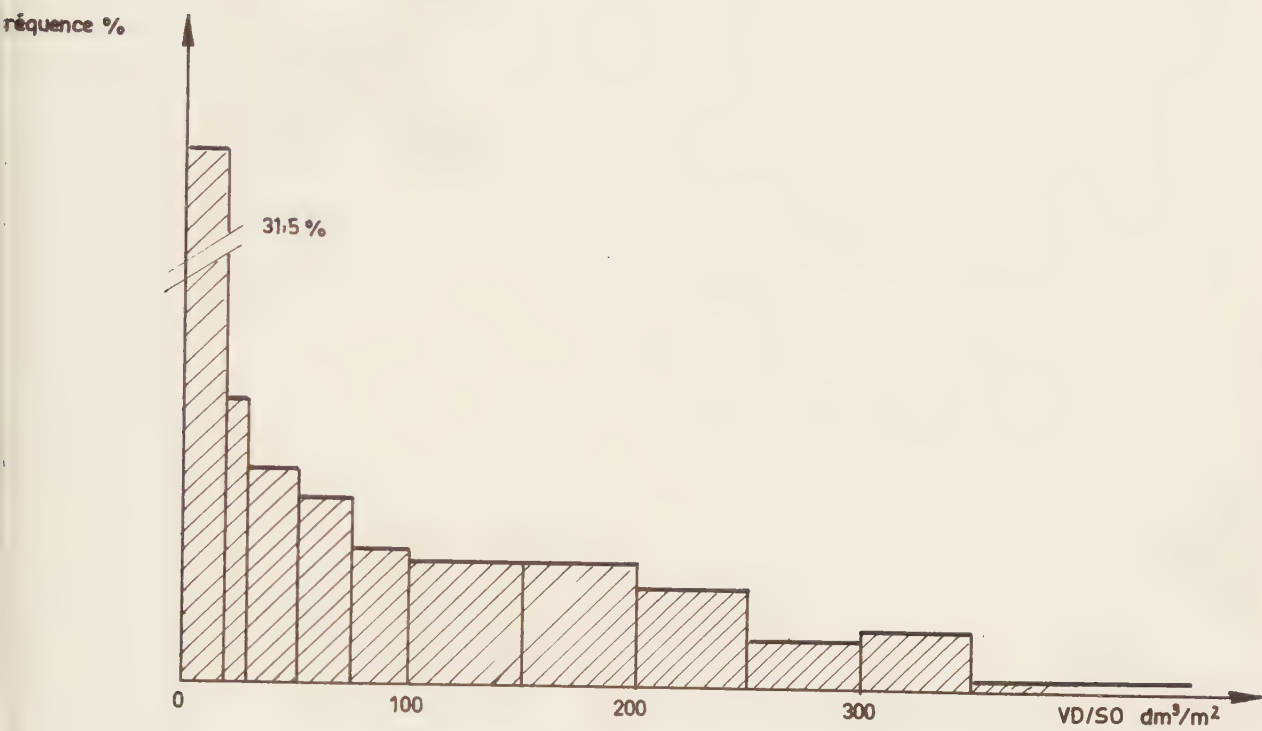


(b)

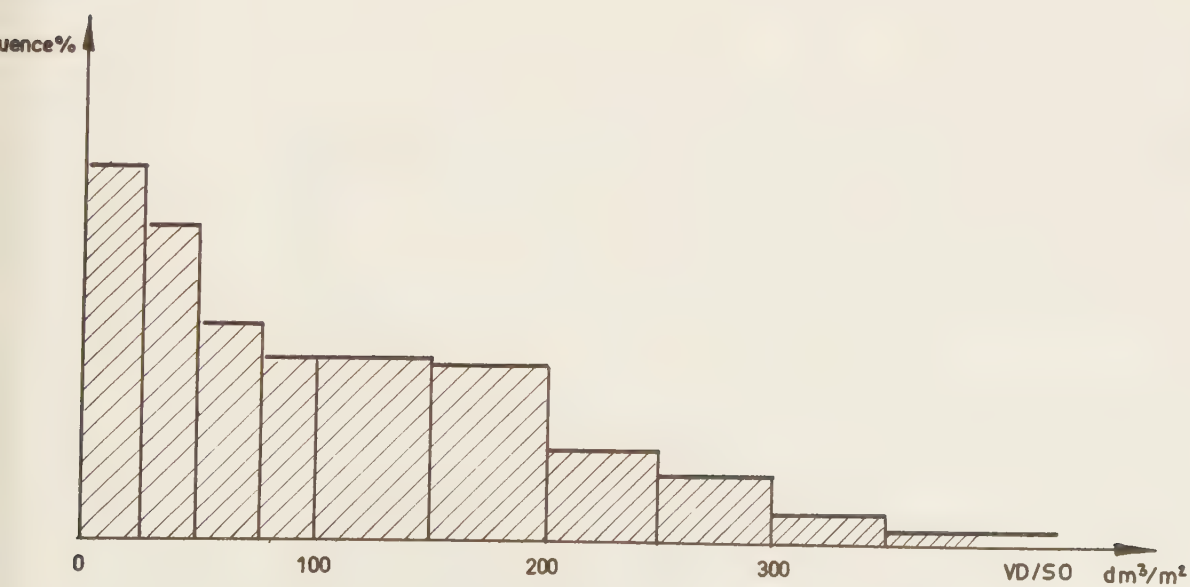
a) Données de la campagne de balayage



DISTRIBUTION DES PARAMÈTRES EXEMPLES D'HISTOGRAMMES



(c)



(d)



Nous avons d'une part essayé de mettre en liaison les temps d'arrêt du chantier avec les moyennes de chaque paramètre pour l'ensemble des relevés au cours d'un poste. Le nombre semble toute assez faible de postes d'observations (une quarantaine) - nombre qu'il aurait été difficile d'augmenter en raison du coût de l'opération - la grande dispersion des résultats, le fait surtout que la durée d'un incident (par exemple le cassage d'un bloc de pierre au pied de taille) étant au moins autant fonction de la rapidité d'intervention du personnel que de l'importance de la cause qui l'a provoqué, nous ont empêché de mettre en évidence les liaisons recherchées.

Par ailleurs, les résultats de chronométrages des opérations de boisage ont été étudiés en fonction des paramètres de relevés d'état de toit volontairement effectués au même point de la taille. Plus précisément, nous avons caractérisé ces chronométrages par les rapports des durées observées aux temps indiqués, pour des conditions données (ouverture, pendage, type d'étauçon), dans les "normes" établies par les services d'organisation des Houillères. Là encore, nous n'avons trouvé aucune liaison. Nous avons seulement vérifié que la dispersion observée des résultats de chronométrage était du même ordre de grandeur que celle des mesures ayant servi à la confection des normes. Il est probable que cette dispersion est due, pour une grande part, aux conditions variables d'état du toit.

Etant cependant toujours persuadé qu'il existe une liaison entre les paramètres caractérisant l'importance des chutes de blocs et les gênes d'exploitation, nous avons cherché à étayer cette conviction.

D'abord, et ce n'est bien sûr qu'un exemple, nous avons étudié, sur un ensemble de 28 tailles mécanisées par hacheuse, observées pendant 125 postes, les résultats des enregistrements de marche de taille effectués par le Groupe d'Hénin-Liétard. Nous avons constaté que :

- sur 787 heures 28 minutes de durée disponible au chantier correspondant à ces 125 postes, on a observé 339 heures 56 minutes (soit 49,52 %) d'arrêts ;
- 68 heures 07 minutes (17,47 % du temps des arrêts ou 8,65 % du temps disponible) sont des arrêts occasionnés par des blocs. Ces arrêts qu'ils soient consécutifs à un incident en taille (casser blocs sur, sous, devant ou derrière la hacheuse, et surtout casser blocs au pied de taille) ou hors de la taille (blocs sur répartiteur, sur grille de bure.), se présentent sous la forme d'arrêts très nombreux et en moyenne très courts (2 393 arrêts de 1 minute 40 secondes en moyenne).

- 46 heures 58 minutes (12,06 % du temps des arrêts ou 5,96 % du temps disponible au chantier) sont occupés par des arrêts pour boisage en taille, la plupart à cause de retard dans la pose du boisage.

Il convient de noter que ces attentes peuvent être dues à un renforcement du boisage dans une partie mauvaise, mais aussi à une disproportion entre l'importance numérique du personnel et les besoins du chantier.

En définitive, on peut retenir que, pour cet ensemble de postes de travail, 20 à 30 % du temps des arrêts (10 à 15 % du temps de présence au chantier) a été occupé par des incidents liés, en totalité ou en partie, à un mauvais état du toit de chantier. Il est évidemment exagéré de dire que la suppression de tels incidents, réalisée à partir d'une meilleure connaissance de l'état du toit, apporterait un accroissement de 20 à 30 % du temps utile, donc une augmentation semblable de la production à main d'œuvre constante, donc également du rendement ; cependant l'énoncé d'un tel chiffre souligne l'intérêt des recherches entreprises sur ce sujet.

La dernière étude, enfin, effectuée pour justifier la représentativité de nos paramètres a été un essai d'énumération des différentes gênes subies par l'exploitant et qui sont, au moins en partie, causées par l'état du toit. Cette énumération - donnée seulement pour mémoire, car il s'agit d'un inventaire assez technique - effectuée en examinant successivement les différentes opérations qui constituent l'exploitation d'une haille est reprise dans le tableau VII.

Un examen critique de cette liste nous a conduit à distinguer les trois catégories suivantes : chaque gêne appartient au moins à l'une d'entre elles.

- Certaines gênes sont liées à l'état actuel apparent du toit :

Cet état apparent actuel est ce que nous savons mesurer effectivement : chutes de blocs, fissures ; il semble que toutes les gênes reconnues soient liées à cet état. Ces gênes sont probablement en liaison avec les paramètres descriptifs de l'état du toit que nous avons définis et notamment avec le volume des chutes de blocs (VD/SO).

- D'autres gênes sont liées à des variations de cet état apparent :

L'exemple du soutènement dont il faut changer les dimensions (mouvements d'étaçons, pose ou retrait de rehausses) lorsque des chutes de blocs très irréguliers font varier l'ouverture est le plus typique de cette catégorie de gênes. Ces types de gênes devraient être liés non plus aux paramètres descriptifs de l'état du toit, mais à leur dispersion.

ANALYSE DES ENNUIS DU "TINEUR" AU COURS DE L'EXPLOITATION D'UNE TAILLE

A - En taille -

1) Abattage :

Piqueur :

On ne peut déflinker

Blocs durs de terres à casser

Terres de toit à pelleter

Poussières

Sentiment d'insécurité (miettage)

Les parts ne sont pas terminées en même temps

Rabot :

Rabotage en écaille

Blocs de cailloux dans la saignée

Niches et détrousages délicats

Perte de temps au ripage des têtes

Pannes de rabot motrices

Haveuse à tambour :

Chutes de cailloux sur la haveuse
(insécurité)Gros blocs posés sur la haveusePelletage derrière la haveuse au
chargement

Niches et détrousages délicats

Perte de temps au ripage des Têtes

Poussières motrices

Pannes de haveuse

Haveuse déguidée

2) Soutènement :

Nettoyage de terres avant boisage

Garnissage supplémentaire et soutè-
nement supplémentaireManque d'étauçons à bonne longueur

Changement de type d'étauçons

Attente au soutènement

Etauçon pris au foudroyage

Sentiment d'insécurité au foudroyage

Déboisage d'étauçons près du blindé

3) Autres travaux :

Manque de terres au remblayage

Bouchon sur le blindé

Arrêts blindé pour cassage de blocs

Blocage du blindé

Pannes mécaniques du blindé

Energie gaspillée au transport des terres

Contrôle des étauçons trop coûteux

Usure anormale des bacs, chaînes, rehausses

Détérioration des flexibles, tuyau-
teries, câbles

Infusion limitée ou impossible

B - Hors taille -

1) Transport :

Nettoyage des collecteurs

Usure des bandes

Arrachage des bandes

Bouchon sur le convoyeur

Pannes de Tête Motrice

Energie gaspillée au transport
des terres

Trémie ou descenseur bloqué

Manque à vide

Transport de matériel de
garnissage

Transport d'étauçons

Transport matériel (bacs ...) de
de rechange ou casséObligation d'employer des
concasseurs2) Autres travaux :

Entretien des voies (soutènement)

Démantèlement taille

Démantèlement voies

Avancement de la taille insuffisant
(perte à la concentration)

Frais de transport au jour

Frais de lavage

Perte au lavage

- D'autres gênes semblent devoir être surtout liées à ce que l'on pourrait appeler l'état latent du toit. L'exploitant dira parfois le toit a un bon aspect, mais cela est dû au mal que l'on s'est donné pour le retenir. Ce travail supplémentaire est effectivement une gêne.

Cet état latent ne peut cependant pas être lié à des paramètres descriptifs et nous sommes assez démunis pour le caractériser. Dans nos relevés, le seul élément qui pourrait être utile dans ce sens est la mesure des fissures. Il y aurait peut-être lieu de faire dans ce domaine des recherches pour caractériser un toit à partir de sa structure géologique et minéralogique.

CONCLUSIONS

de la Première Partie

A la fin de cette première partie, nous sommes en mesure de définir les paramètres que nous proposons pour caractériser le toit d'une taille, paramètres dont nous avons étayé qualitativement la représentativité par rapport aux gênes causées à l'exploitation par un mauvais état du toit.

Ces paramètres sont établis à partir de relevés décrivant l'état du toit sur une surface limitée et localisée.

Ces relevés ne concernent que l'allée 0, c'est-à-dire la partie de toit comprise entre le front et la première ligne de soutènement. Ils ont été décrits au cours de notre chapitre II.

Les études critiques faites au chapitre III ont conduit à retenir des paramètres de chutes de blocs VD/SO (et pour mémoire SD/SO, HMOY et HMAX) et HMOY/HMAX ; les fissures ne seront plus caractérisées, lorsqu'il en sera observé, que par leur densité (DFO) et le pourcentage de celles d'entre elles inclinées vers la veine (% /).

Pour caractériser un ensemble de relevés d'état du toit, c'est-à-dire, par exemple, une taille entière un jour donné, nous proposons de retenir le pourcentage de cet ensemble de relevés qui présentent des chutes de blocs, et les valeurs moyennes des autres paramètres, calculés sur les seuls relevés présentant ces chutes.

2ème PARTIE

UN EXEMPLE D'UTILISATION DES PARAMETRES

TABLEAU VIIILISTE DES FACTEURS POUVANT INFLUENCER L'ETAT DU TOITFACTEURS NATURELS -

Profondeur, pendage, ouverture de la veine,
Présence de failles ou d'incidents,
Nature de la veine et du toit ("facteur terrain")
caractéristiques géologiques, minéralogiques,
mécaniques.

FACTEURS D'EXPLOITATION -

Longueur de la taille,
Distance du front à la ligne du début de l'exploitation,
Vitesse d'avancement,
Sens d'exploitation de la taille,
Limites d'exploitation et stots dans les veines voisines,
Technique d'abattage,
Soutènement (type de soutènement, nature des étais,
charges de pose et de coulissement, "chapeaux",
schéma de pose, largeur ouverte),
Traitement de l'arrière taille,
Rythme des opérations.

Nous sommes arrivés, en conclusion de notre première partie, à la définition de paramètres caractéristiques de l'état du toit dans une taille.

L'objet principal de cette seconde partie est de montrer, sur un exemple, que les paramètres que nous avons retenus peuvent être effectivement utilisés pour rechercher l'influence de certains facteurs sur l'état du toit.

Nous avons dit - page 41 - que cela nécessiterait des mesures nombreuses, donc coûteuses, selon des plans d'expérience soigneusement étudiés.

Un premier chapitre développera les principes qui ont conduit au plan d'expérience de la campagne d'étude dont les résultats seront énoncés dans le deuxième chapitre.

La mise en évidence de certaines influences par les études antérieures de mouvements de terrains, les conversations avec des exploitants souvent confrontés à des problèmes de tenue de toit nous ont permis d'établir une liste (voir tableau VIII) de facteurs pouvant influencer l'état du toit, liste qui peut, cependant, demeurer encore incomplète.

Pour l'expérience qui va être décrite dans ce chapitre, nous avons décidé, afin d'éviter un schéma d'étude trop complexe, de rechercher l'influence d'un seul facteur, le soutènement ; en effet, c'est un facteur facilement modifiable, surtout si, comme nous l'avons fait, nous choisissons de ne faire varier que ses deux caractéristiques commodément chiffrables : les charges de pose et de coulissement. En effet, les autres facteurs susceptibles d'être maîtrisés par l'exploitant (longueur de taille, vitesse d'avancement, sens d'exploitation de la taille, technique d'abattage, traitement de l'arrière taille) sont souvent fixés en fonction de considérations étrangères à celle de la tenue du toit (impératifs de production, occupation et rendement du personnel, aérage, organisation de la desserte, affaissements de surface, etc ...). Le soutènement au contraire peut se modifier à volonté - au moins dans un chantier d'étude pour lequel les problèmes d'approvisionnement en matériel peuvent être résolus. En particulier, si l'on utilise du soutènement hydraulique, les variations des charges de pose et de coulissement ne nécessitent qu'un réglage de la pompe centrale du chantier et un échange de la soupape de chaque étauçon.

Cette variabilité facile du facteur soutènement permet - nous allons le voir - de construire des plans d'expériences selon les normes du chercheur. Par ailleurs, le soutènement est pratiquement le seul facteur dont l'exploitant puisse jouer facilement pour modifier le comportement de son toit. C'est parce que nos études sont susceptibles, à longue échéance, d'aider l'exploitant à mieux employer ses étauçons qu'elles ont pu être réalisées malgré la perturbation qu'une campagne de mesures apporte dans un siège d'exploitation, et qu'elles ont pu bénéficier d'une aide financière de la CLCA.

Précisons que nous limiterons cet exposé à une partie seulement de l'expérience réalisée dans la taille MARTHE 5 du Siège 7 de Liévin (Pas-de-Calais). En effet, en réalisant cette campagne, nous désirons déjà apporter un premier élément de réponse aux questions de l'exploitant sur la valeur du soutènement. La solution de ce dernier problème ne peut être apportée par cette seule expérience qui est la première d'un programme d'études que nous avons contribué à élaborer et qui se poursuit actuellement. Nous voulons ici démontrer, sur un exemple, que nos paramètres sont effectivement utilisables.

CHAPITRE I

PREPARATION DE LA CAMPAGNE DE MESURES

L'énumération des facteurs pouvant influencer l'état du toit, faite au tableau VIII, suggère qu'il faudra prendre un certain nombre de précautions pour s'assurer que les résultats obtenus concerneront bien l'influence du seul soutènement.

L'élimination des variations dues aux facteurs modifiables sera obtenue par le choix d'un chantier expérimental répondant aux conditions énoncées dans un premier paragraphe.

Pour ne pas être gênés par les facteurs de dispersion sur lesquels on ne peut agir, nous serons amenés à multiplier les mesures et à construire un plan d'expériences dont les principes sont définis et dont les modalités d'application décrites respectivement dans les deuxième et troisième paragraphes.:

A - CHOIX D'UN CHANTIER EXPERIMENTAL -

Pour choisir un chantier expérimental, il faut à la fois nous assurer :

- d'une part que les facteurs sur lesquels on ne peut agir resteront aussi constants que possible pendant la durée de l'étude ;
- d'autre part qu'ils prendront une modalité favorable à l'exécution de l'expérience.

C'est pourquoi la liste des critères qui nous ont conduit à choisir pour notre expérience la taille du Siège 7 de Liévin a été la suivante :

- Conditions de pendage et d'ouverture aussi régulières que possible ;
- Longueur de taille suffisante pour que les zones où seront effectuées les mesures soient assez éloignées des massifs inexploités (nous avons estimé, d'après des mesures de convergence antérieures qu'une distance minimale de 30 mètres entre les zones de mesures et les extrémités de taille était nécessaire) ;
- Vitesse d'avancement aussi régulière que possible (le désir de ne pas avoir une durée de campagne trop importante d'une part, et de ne pas être gênés pour les mesures par une vitesse trop grande nous a fait souhaiter une vitesse voisine de 2 à 3 mètres par jour) ;
- Conditions des exploitations sus-jacentes homogènes ; nous éviterons que des irrégularités (stots, limites d'exploitation) ne surplombent la zone de taille où l'expérience sera faite ;
- Les conditions d'abattage et de traitement de l'arrière-taille sont en principe constantes dans un chantier. Il faut cependant s'assurer que, pour des raisons de rendement d'une part, ou de protection d'installations de surface d'autre part, l'exploitant ne sera pas au cours de la campagne de mesures conduit à changer, par exemple, une hacheuse par un rabot, ou le foudroyage par du remblayage au cours de la campagne de mesures.

En ce qui concerne le soutènement, il faut en particulier lutter contre l'hétérogénéité des types d'étaçons et des types de garnissage. Nous avons choisi d'utiliser des étaçons hydrauliques à pompe centrale et de construire spécialement des "chapeaux" métalliques de faibles dimensions pour assurer un contact aussi uniforme que possible avec le toit.

Bien entendu, autour, par exemple, d'une vitesse d'avancement et d'une densité de soutènement en moyenne assez stables, il existe des variations locales qui s'ajoutent aux facteurs incontrôlés pour augmenter la dispersion des résultats dont nous cherchons à nous débarrasser par un plan d'expérience approprié.

B - PRINCIPES ET HYPOTHESES DU PLAN D'EXPERIENCE -

Dès ses premières mesures de convergence en taille, Monsieur le Professeur SCHWARTZ a noté leur grande dispersion, tant dans le sens longitudinal (le long du front de taille) que dans le sens transversal (perpendiculairement au front de taille) (1). Cette dispersion est telle que des plans d'expériences simples, mis en oeuvre par la suite pour comparer des parties de taille équipées de soutènements différents n'ont pas permis de conclure : en effet, si l'on ne voit pas de différence en évidence, cela ne veut pas dire obligatoirement que le facteur étudié n'a pas d'influence, mais peut-être qu'elle est faible par rapport à celle des facteurs de dispersion que l'on a pris l'habitude de rassembler sous le nom de "facteur terrain" ; si au contraire, une différence existe, il sera impossible de discerner si elle est causée par le "facteur terrain" ou par le facteur étudié.

Ce problème, dont l'étude des convergences a montré l'importance, se pose de façon analogue pour l'étude des paramètres d'état du toit. C'est pourquoi, pour avoir de bonnes chances de pouvoir énoncer des conclusions solides, il importe de prendre des précautions de façon à multiplier les possibilités de "recouper les informations".

Pour cela, nous avons proposé de multiplier le nombre de zones étudiées simultanément dans un même chantier, en utilisant un plan d'expérience avec répétitions.

Les quelques schémas de la figure 15 vont nous permettre de montrer l'intérêt d'un plan d'expérience avec répétitions. Supposons, pour simplifier l'exposé, que la taille étant équipée d'un soutènement homogène, le facteur terrain provoque une variation continue et linéaire du paramètre étudié (schéma 1).

(1). SCHWARTZ B. "Déformation des roches autour des excavations".

INTÉRÊT D'UN PLAN D'EXPÉRIENCES AVEC RÉPÉTITIONS

En abscisses, position d'un point dans la taille

En ordonnées, valeurs du paramètre étudié

Ⓐ, Ⓑ , types de soutènement

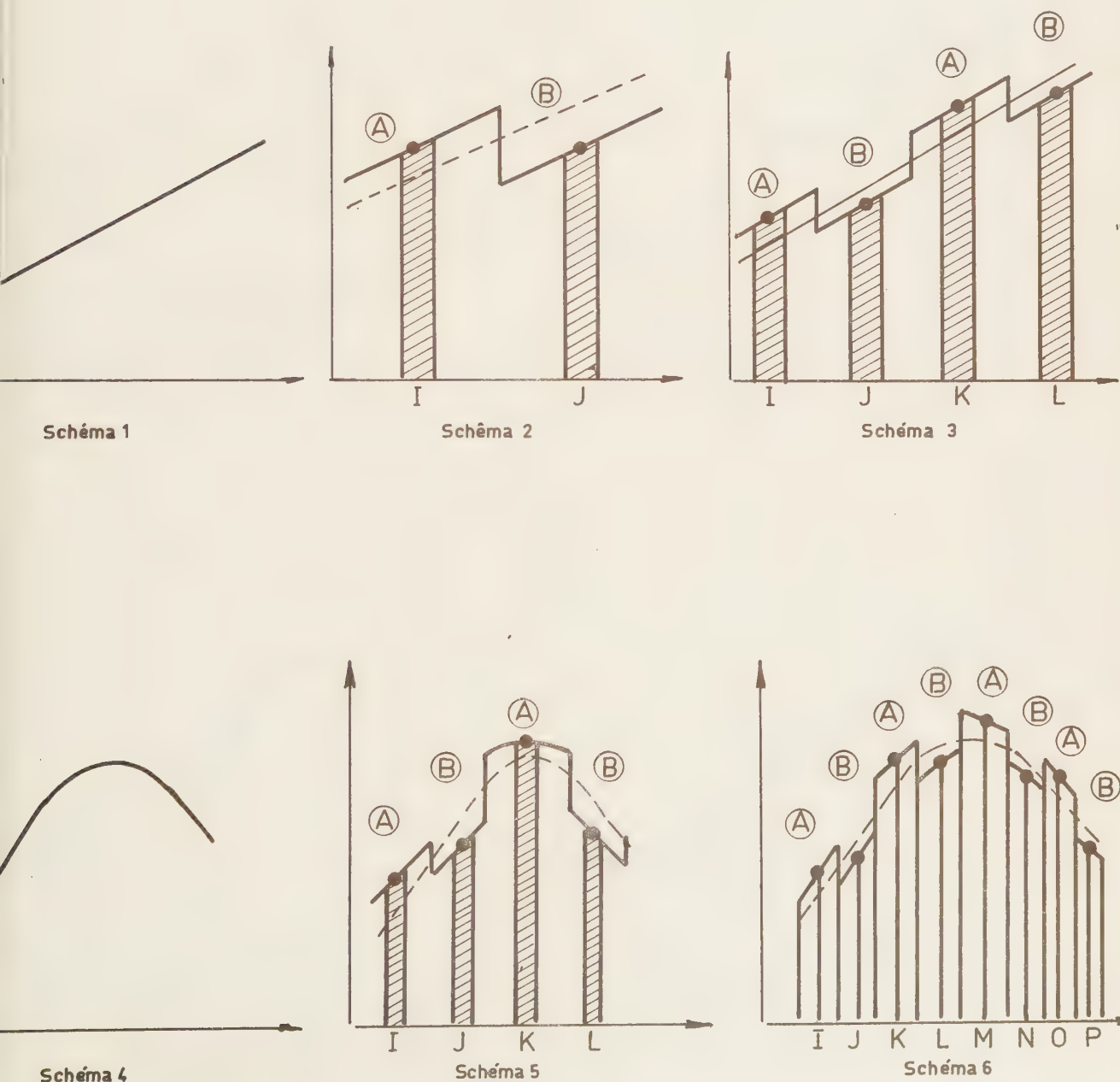


FIG. 15



HYPOTHÈSE DES ZONES ÉTROITES

En abscisses, position d'un point dans la taille

En ordonnées, valeurs du paramètre

Ⓐ Ⓑ Ⓒ , types de soutènement

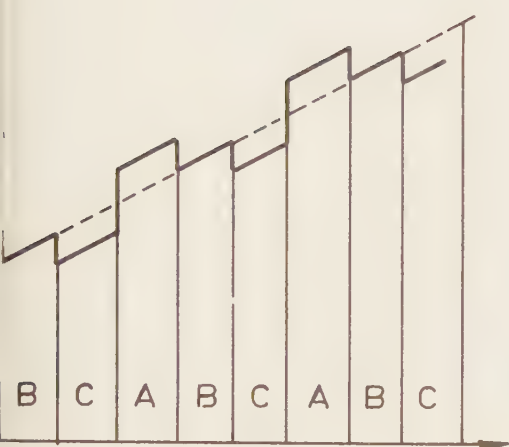


Schéma 1

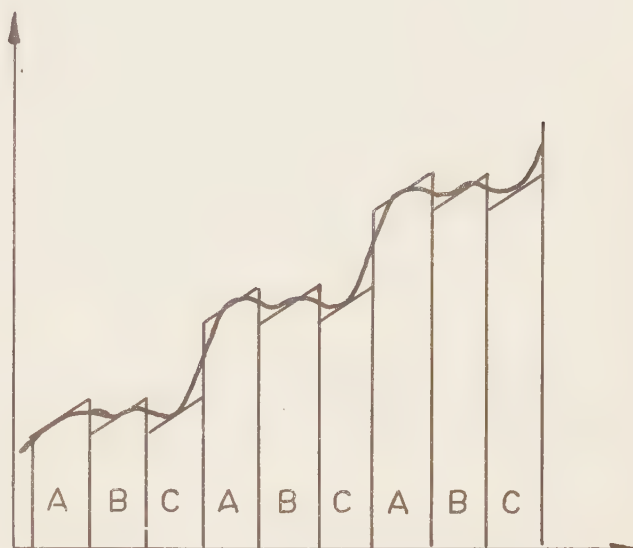


Schéma 2

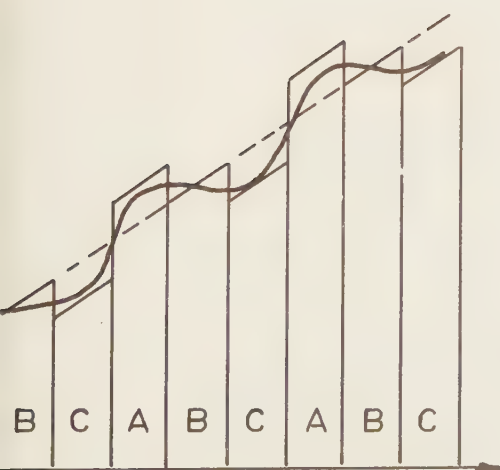


Schéma 3

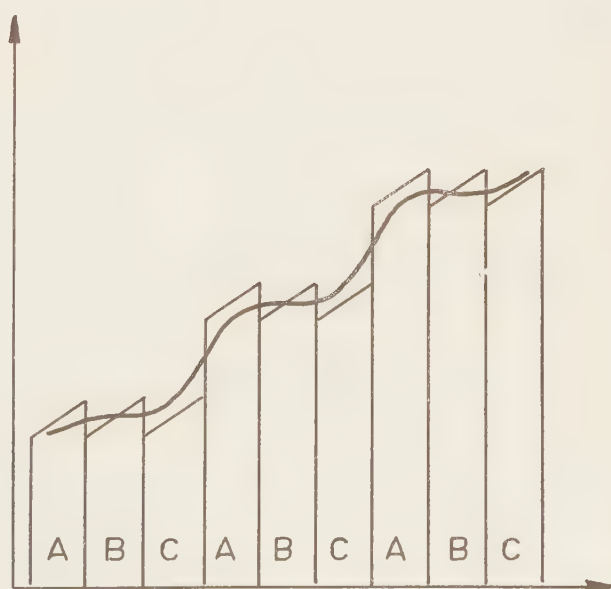


Schéma 4



Les schémas 2 et 3 supposent que le chantier soit équipé de deux types de soutènement A et B, le soutènement B conduisant à une diminution des valeurs du paramètre étudié.

Sur le schéma 2, deux zones de mesures ont été disposées en I et J. Les valeurs obtenues sont trop semblables pour que l'on puisse voir la différence existant entre les soutènements A et B. Sur le schéma 3, qui comporte des répétitions, quatre zones de mesures ont été disposées en I, J, K, L, dans les zones équipées alternativement des soutènements A et B. Ayant deux points représentatifs de chaque modalité de soutènement, il est alors possible de mettre en évidence une influence linéaire du "facteur terrain" et celle du soutènement. Lorsque l'influence du "facteur terrain" n'est pas linéaire (schéma 4, par exemple), deux zones de mesures par modalité ne sont pas suffisantes (schéma 5). Comme nous ne connaissons pas la forme de cette influence, nous souhaitons multiplier les répétitions de chaque modalité afin d'obtenir le plus possible de points pour représenter cette influence (schéma 6).

Nous sommes cependant limités dans l'accroissement du nombre des répétitions.

- D'abord, parce que nous souhaitons comparer plusieurs modalités du facteur étudié et qu'il est difficile de multiplier à la fois les deux choses (le coût d'une campagne étant très lié au nombre de zones mesurées).
- Ensuite, parce que les dimensions des chantiers sont limitées (la longueur moyenne des tailles du Bassin du Nord est de 120 mètres environ, les distances de chassage des panneaux imposent aussi une limite quoique plus élevée).

La multiplication des zones dans un plan d'expérience avec répétitions impose aussi que la longueur de ces zones soit courte.

Jusqu'ici il s'était établi une sorte de "tradition expérimentale", consistant à prendre des zones de longueur au moins égale à 30 mètres. En choisissant une longueur de 10 mètres, nous rompons avec cette tradition.

Nous faisons par là l'hypothèse que l'influence d'une modalité du facteur, si elle existe, est suffisamment localisée pour que ces zones étroites permettent de la déceler.

Les schémas de la figure 16 analogues à ceux de la figure 15 vont nous montrer l'importance de cette hypothèse.

Sur le schéma 1, le soutènement a une influence très localisée. Sur les schémas suivants, les valeurs des paramètres observés dans une zone sont de plus en plus influencés par le soutènement de la zone voisine. Sur le schéma 2, la valeur spécifique du soutènement de la zone est encore atteinte au milieu de la zone ; sur le schéma 3, on peut montrer l'influence du soutènement, mais sans avoir la vraie valeur du paramètre correspondante ; sur le schéma 4 enfin, l'influence du soutènement est difficile à déceler.

Il y avait une sorte de pari à faire : devant la nécessité de réaliser des répétitions, nous acceptions une longueur de 10 mètres pour chaque zone. Si nous observions ensuite des différences, nous aurions vérifié, à la fois, que les zones de 10 mètres sont correctes et que le soutènement a de l'influence. Si nous n'observions pas de différence, nous ne pourrions pas dire laquelle de ces deux hypothèses n'était pas remplie. Il n'y avait cependant aucune hésitation à faire ce pari car en cas d'échec, il n'y aurait plus eu d'espoir pour mettre une influence de soutènement en évidence que dans des plans d'expériences plus longs et difficiles à mettre en oeuvre. C'est la raison pour laquelle nous avons décidé de faire l'hypothèse de la validité des zones courtes ; mais en même temps nous avons décidé d'inclure dans le plan d'expérience des éléments destinés à juger à posteriori de son bien-fondé qui seront décrits au paragraphe suivant.

Les plans d'expériences qu'il faudrait utiliser en cas d'échec pourraient consister, par exemple, à faire de nombreuses campagnes dans lesquelles on comparerait deux zones équipées de soutènements différents et d'obtenir ainsi "l'effet de répétition" par la multiplication des expériences et non celle des zones au cours d'une expérience. Cette façon de procéder serait sans doute techniquement simple dans chaque chantier, mais nécessiterait beaucoup d'efforts et de temps pour effectuer de nombreuses expériences dans différents chantiers.

En résumé, les principes essentiels retenus pour construire le plan d'expérience sont :

- répétition des zones de mesures équipées du même type de soutènement
- zones de largeur de 10 mètres.

C - MODALITES D'APPLICATION DU PLAN D'EXPERIENCE -

Nous exposons d'abord le schéma des mesures effectuées dans une zone équipée d'un soutènement homogène puis la disposition des zones retenues pour l'expérience de la Taille Marthe 5.

1° - Schéma d'une zone de mesures

Outre les relevés d'état du toit qui nous occupent principalement, nous avons décidé d'effectuer des mesures de convergence, et quelques mesures complémentaires. Ces différentes mesures, énumérées ci-dessous, et représentées sur la figure 17 sont effectuées à chaque avancement de la taille. Ces avancements sont repérés par des "numéros de référence".

SCHÉMA D'UNE ZONE DE MESURES

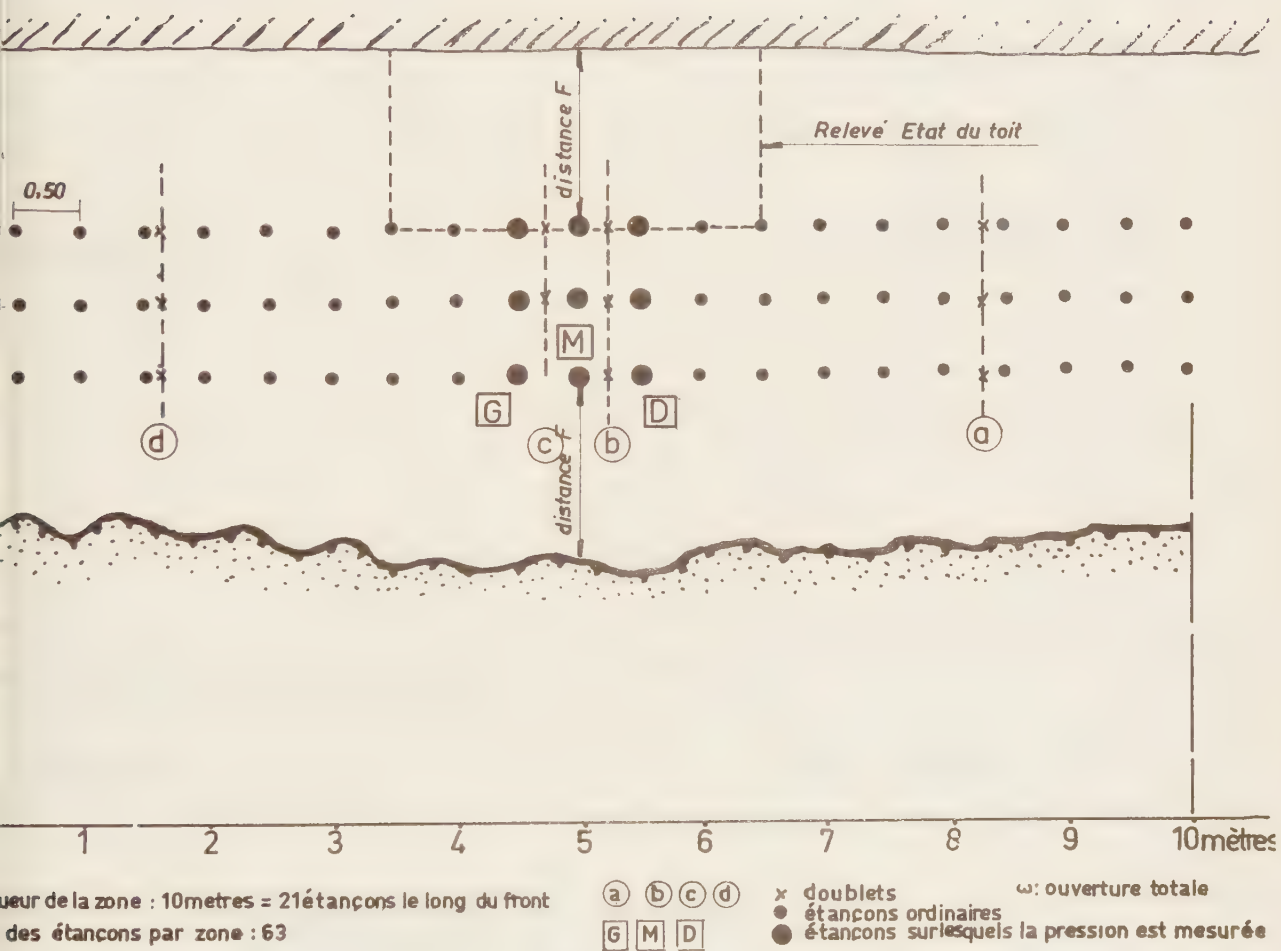
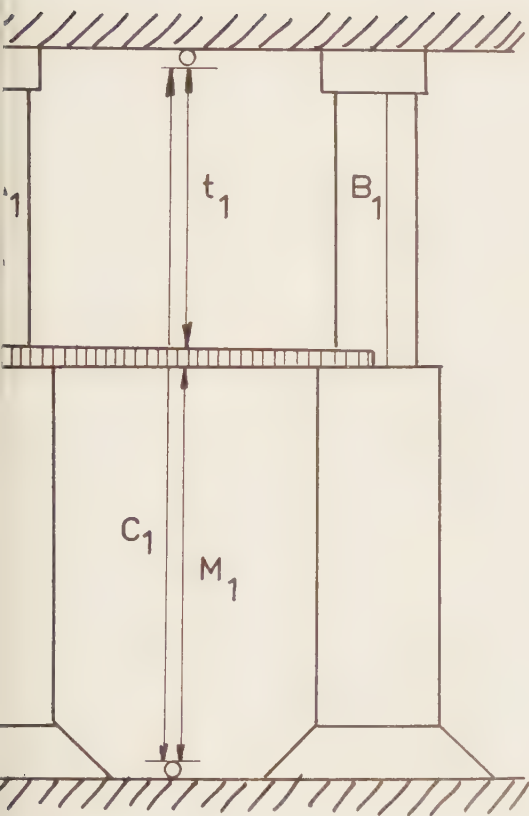


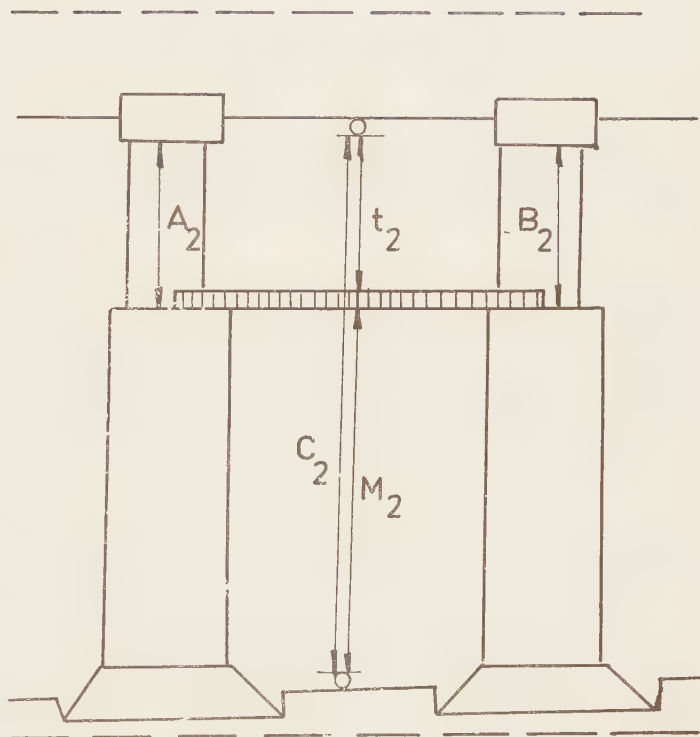
FIG.17



MESURES DE CONVERGENCE DE COULISSEMENT ET DE PÉNÉTRATION DES ÉPONTES



1^{ère} Mesure



2^{ème} Mesure

Convergence $C = C_1 - C_2$
 Coulissement $A = A_1 - A_2$ ou $B = B_1 - B_2$
 Pénétration Mur $M = M_1 - M_2$
 Mesure toit $t = t_1 - t_2$ Pénétration toit $T = t - \frac{A+B}{2}$



a) Relevés d'état du toit

Un relevé d'état du toit est effectué selon les normes définies dans notre 1ère partie, sur une longueur de 3 mètres, au milieu de chaque zone en se limitant à l'allée 0, c'est-à-dire rappelons-le, à la partie située entre le front de taille et la première ligne de soutènement.

b) Mesures de convergence

Nous ne rappelons pas les définitions usuelles relatives aux mesures de convergence (1).

L'introduction de ces mesures dans cette campagne a, de notre point de vue, un double intérêt :

- premièrement, il est intéressant de savoir si les paramètres d'état du toit sont liés aux valeurs ou à la dispersion des convergences. Ce point sera développé dans le chapitre relatif aux résultats de cette campagne.
- deuxièmement les mesures de convergence constituent un paramètre ayant des caractéristiques telles (bonne précision, brièveté de délai entre leur relevé au fond et leur exploitation, ordres de grandeur connus) qu'elles permettent de contrôler au fur et à mesure le déroulement de la campagne et que nous les utiliserons pour rechercher l'interaction éventuelle entre les zones.

Quatre doublets sont posés dans chaque zone. Les valeurs obtenues pour les doublets b et c, entourant l'étaçon central de la zone caractériseront la convergence obtenue dans la zone. Les doublets a et d, placés près des limites de zone, sont destinés à permettre de vérifier la légitimité du choix de la largeur de 10 mètres pour une zone.

Ces quatre doublets sont posés après le boisage et sont mesurés en ligne 1, 2 et 3 ainsi qu'en ligne 4, permettant ainsi d'obtenir les convergences en allées I, II et III (2). Chaque avancement conduit donc à la pose de 4 doublets qui sont mesurés 3 ou 4 fois.

c) Mesures de coulisement et d'enfoncement dans les épontes

Ces mesures sont indiquées seulement pour mémoire car elles ne seront pas exploitées ici :

On mesure le coulisement en allées I, II et III des trois étaçons du milieu de chaque zone : G (gauche), M (milieu), D (droite).

Les mesures d'enfoncement des étaçons dans les épontes sont décrites figure 18.

(1) B. SCHWARTZ "Déformation des roches autour des excavations"

(2) Notons cependant que la ligne 4 est mesurée avant le foudroyage des étaçons, c'est-à-dire que l'allée III ne correspond pas tout à fait à un cycle.

d) Mesures complémentaires

Leur but est soit de préciser les données géométriques du chantier soit de contrôler que différents facteurs restent sensiblement constants ou du moins de noter leurs variations.

Nous appellerons donc :

w = l'ouverture du chantier

f = la distance entre le front de taille et la référence en ligne 1, au moment de la pose (distance non soutenue) ;

F = la distance entre la référence en ligne 4 et la limite apparente du foudroyage (surplomb foudroyage).

Dans chaque zone, un ouvrier est chargé, à chaque poste de travail, de l'ensemble de ces mesures.

2° - Plan d'expérience

La figure 19 représente la partie du plan d'expérience mis en oeuvre dans la taille MARTIN 5 à laquelle nous nous intéressons.

Le front de taille est divisé en 9 zones de mesures. Trois charges de coulisement (14,22 et 30 tonnes) sont étudiées simultanément de façon à obtenir, le long du front de taille, trois répétitions de chaque modalité.

La taille est équipée de cette manière pendant la durée nécessaire (appelée "phase") pour effectuer une quarantaine d'avancements, c'est-à-dire pour que le nombre de références mesurées soit voisin de 40. D'une phase à l'autre, on a fait permuer les emplacements des charges de coulisement afin d'éviter qu'une même modalité ne reste en un même point de la taille, pendant deux phases successives.

Les charges de pose étaient modifiées à chaque changement de phase (1). Nous avons deux répétitions dans le sens de l'avancement de la taille des deux charges retenues : 7 et 14 tonnes.

(1) Nous avons en effet, pour cette première campagne, renoncé à installer deux ensembles de pompes et canalisations pour faire alterner, pendant une phase, le long du front, des zones ayant des charges de pose différentes.

COMPAGNE DE MESURES EN TAILLE MARTHE5-7 LIEVIN

PLAN D'EXPERIENCE

		ZONES								
Phase	CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	7 ^t	14	22	30	14	22	30	14	22	30
II	14 ^t	22	30	14	22	30	14	22	30	14
III	7 ^t	30	14	22	30	14	22	30	14	22
IV	14 ^t	14	22	30	14	22	30	14	22	30

Les valeurs des charges de coulissement sont à l'intérieur du tableau.

CHAPITRE II

REALISATION DE LA CAMPAGNE ET RESULTATS

Après quelques indications sur le déroulement de la campagne, nous présenterons les méthodes de dépouillement des mesures qui ont conduit aux résultats que nous développerons ensuite.

A - DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE -

La campagne s'est déroulée en juin et juillet 1964 dans la taille Marthe 5 du Siège 7 de Liévin (voir plan et coupe figures 20 et 21).

Le tableau ci-dessous indique la durée de chaque phase et le nombre de références qui y ont été effectivement mesurées (ce nombre est variable selon les zones de mesures, en raison d'avancements irréguliers et surtout de pertes de mesures dues aux difficultés de coordonner l'organisation des mesures et l'organisation de l'exploitation du chantier).

<u>Phase</u>	<u>Durée en jours</u>	<u>Nombre de références</u>
1	10	39 à 47
2	9	25 à 31
3	10	35 à 39
4	13	38 à 44

Les principaux éléments à signaler à propos du déroulement de cette campagne sont les suivants :

- 1° - Les charges de pose ont été effectivement réglées à des niveaux voisins de 7 et 10 tonnes, au lieu de 7 et 14.
- 2° - La zone 9 de la phase IV, d'ouverture trop étroite, a été équipée d'étauçons à frottement.
- 3° - L'ouverture de la veine étant variable, il a fallu parfois abattre du toit au marteau piqueur. Cette pratique a pour conséquences d'une part d'empêcher de faire des relevés d'état de toit significatifs, d'autre part de dégrader l'état du toit.
- 4° - Le tarage des soupapes des zones 2, 5, 8 de la phase IV n'a pas été rigoureusement effectué à la valeur prévue de 22 tonnes.

Enfin les quelques chiffres suivants donneront une idée de l'importance des moyens mis en oeuvre :

Chaque zone nécessitant la présence d'un mesureur à chaque poste, l'effectif ouvrier employé pendant la durée de la campagne est composé d'un minimum de 18 hommes auxquels il faut ajouter quelques remplaçants et les agents de maîtrise d'encadrement.

Pour quatre phases de presque quarante avancements, dans neuf zones, il a été effectué près de neuf cents relevés d'état du toit utilisables ; il a été posé environ cinq mille doublets de mesures de convergence qui ont donné lieu à environ vingt mille mesures. A cela s'ajoutent les mesures de coulissements, enfoncements, et les mesures complémentaires.

MARTHE SIÈGE 7 LIÉVIN SCHÉMA DU QUARTIER EN SEPTEMBRE 1964

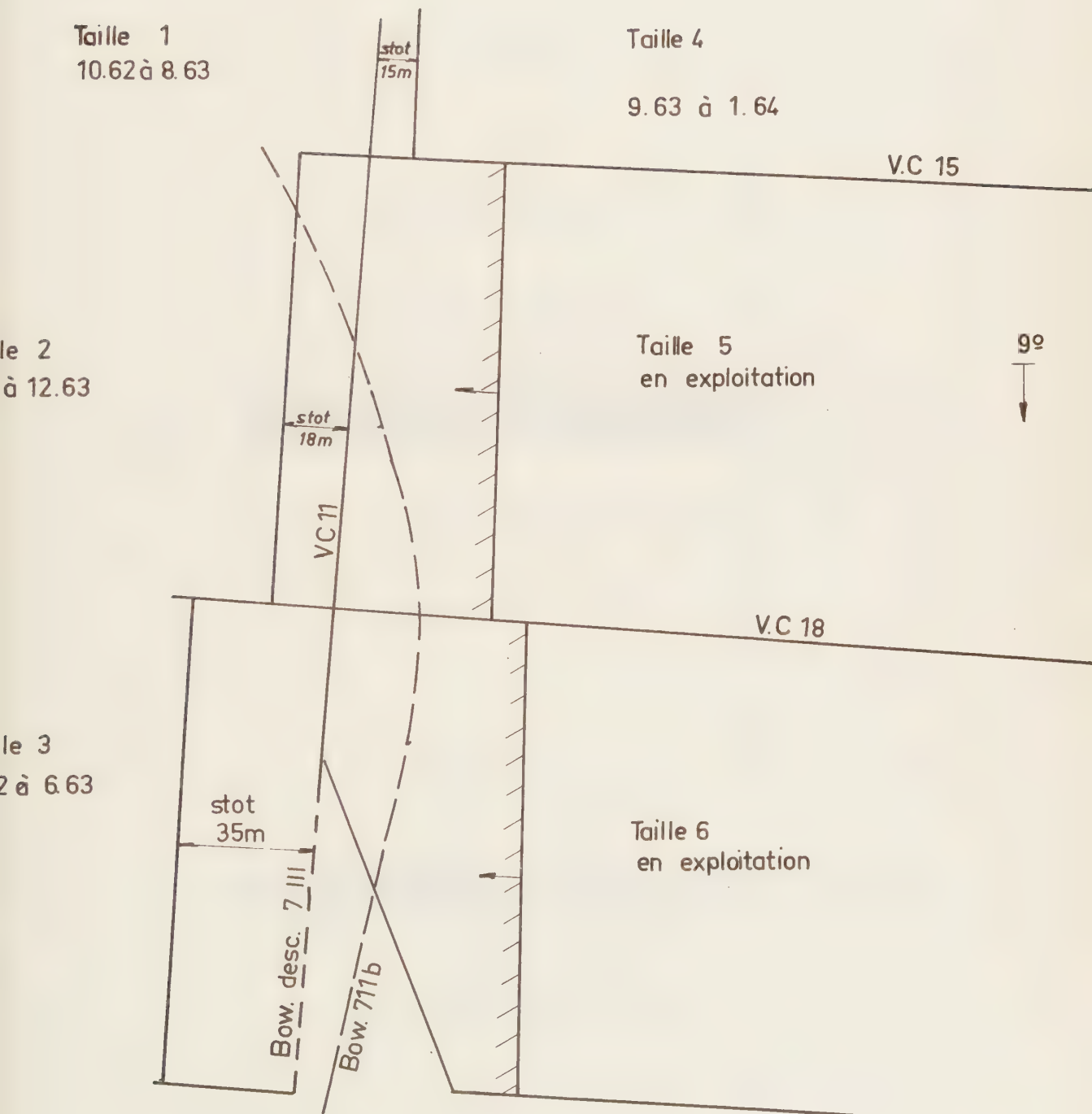


FIG. 20



H.B.N.P.C - GROUPE LENS - LIÉVIN
 SIÈGE 7 LIÉVIN
 MARTHE ZONE B

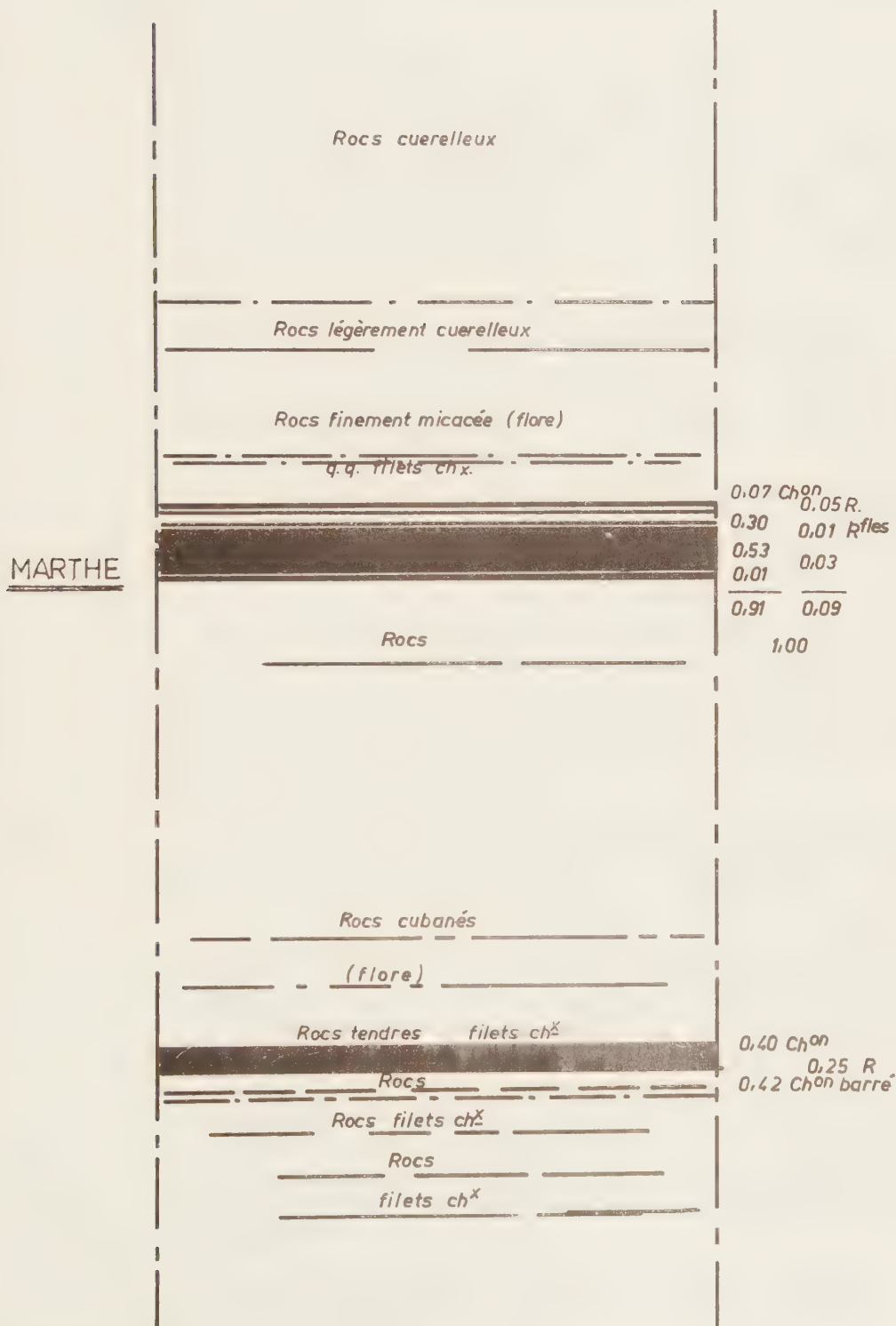


FIG. 21



B - DEPOUILLEMENT DES MESURES -

Les quelques chiffres indiqués ci-dessus montrent pourquoi nous avons songé à exploiter les résultats par des moyens mécanographiques. Nous allons donc exposer ci-dessous les méthodes de préparation des données avant de présenter les méthodes statistiques utilisées.

1° - Préparation mécanographique des données

En prévision d'autres campagnes semblables, et de l'exploitation des mêmes données pour des études ultérieures, nous nous sommes attachés à mécaniser ce dépouillement par la transcription des résultats des mesures sur cartes perforées, puis leur mise en forme et leur exploitation à l'aide d'un ordinateur.

Pour cela, le processus de préparation des données qui sera décrit sommairement ci-dessous a pour objectif :

- de réduire le plus possible la part de dépouillement manuel entre l'indication fournie par le mesureur et la donnée exploitable par la machine ;
- de fournir un fichier complet des paramètres que l'on peut calculer à partir des mesures (tant du point de vue des convergences que de celui des caractéristiques d'état du toit).

Les "programmes" nécessaires à cette préparation des données ont été mis en oeuvre sur un ordinateur IBM 1401 mis à notre disposition par les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Nous avons construit nous-mêmes ces programmes avec l'aide des utilisateurs habituels, ingénieurs et techniciens, de ce centre de calcul.

Une première exploitation du fichier constitué pour la campagne de mesures déjà citée nous permet d'énoncer les résultats indiqués au paragraphe C de ce chapitre.

La figure 22 montre le modèle d'un imprimé revenant du fond et sur lequel sont portées les mesures relatives aux convergences, coulislements, mesures toit et mur, heures de mesures, mesures de pressions, pour une zone, selon le schéma défini page 58 et représenté figure 17.

Ces feuilles sont exploitées immédiatement par un employé qui, après avoir calculé par différence entre les valeurs obtenues pour chaque ligne, les valeurs des différents paramètres par allée, remplit un imprimé du type représenté par la figure 23.

Chaque ligne de cet imprimé est transcrite sur une carte perforée dont un modèle est donné figure 24.

L'ensemble de ces cartes provisoires est traité par un programme destiné, après un certain nombre de vérifications, à préparer, par référence et par zone, un jeu de six cartes définitives analogues aux précédentes donnant les valeurs de ces paramètres pour les allées I, II, III, I + II, II + III, I + II + III.

Ces cartes sont repérées par les 7 premières colonnes, dont les six premières indiquent les numéros de campagne, phase, section et référence et dont la 7ème indique par un nombre variant entre 1 et 6 l'allée ou la somme d'allées correspondante. La figure 25 donne le fac-similé d'une page du document imprimé pendant la perforation du jeu de cartes définitif.

Le travail préparatoire est assez identique en ce qui concerne les états du toit.

A partir des relevés faits au fond, un employé du jour reporte sur un imprimé (fig. 26) les surfaces décollées, les hauteurs maximale et moyenne de chaque décollement ainsi que les paramètres de fissures. Ces données sont ensuite perforées dans des cartes provisoires dont l'indice en colonne 7 est égal à 8.

Une carte supplémentaire (fig. 27 : indice 9 en colonne 7) comporte un certain nombre de caractéristiques relatives à chaque référence.

Un programme permet, à partir de ces cartes, de perforer de nouvelles cartes dans lesquelles sont calculés, outre les paramètres précédents d'état du toit, les surfaces, volumes et hauteurs décollés par relevé, les rapports des surfaces et volumes décollés à la surface observée, le rapport de la hauteur moyenne à la hauteur maximale, la densité de fissures (fig. 28). Un imprimé est effectué dont un fac-similé est donné figure 29.

Ainsi, l'ensemble des mesures relatives à une référence dans une zone sont consignées dans un jeu de 8 cartes. Ces 8 cartes ont en commun les repères consignés dans les 6 premières colonnes. Elles se distinguent par un indice porté en colonne 7 et qui est égal à :

Indice col. 7	Contenu des cartes
1 à 6	Convergences, coulislements, mesures toit mur durée de vie, pressions.
8	Paramètre d'état de toit.
9	Caractéristiques générales.

Date	Heure de la mesure	ω cm	f cm	F cm	N° de réf	Ligne	Doublet d mm			Etançon G mm Kg			Doublet c mm			Etançon M mm Kg			Doublet b mm			Etançon D mm Kg			Doublet a mm		
							Toit	CV	Mur	CL	P	Kg	Toit	CV	Mur	CL	P	Kg	Toit	CV	Mur	CL	P	Kg	Toit	CV	Mur
						1																					
						2																					
						3																					
						4																					
						1																					
						2																					
						3																					
						4																					
						1																					
						2																					
						3																					
						4																					
						1																					
						2																					
						3																					
						4																					
						1																					
						2																					
						3																					
						4																					
						1																					
						2																					
						3																					
						4																					

FIG.22

Heure de chaque série des mesures : Boilage L 1 Gauche, Milieu Droite en regardant le front

MODÈLE DE CARTES

Carte de mesures de convergences coulissements, mesures toit et mur, pressions, durée de vie

[illegible]

FIG. 24



FAC - SIMILE

DU DOCUMENT ETABLI LORS DE LA PRÉPARATION DES DONNÉES

MESURES DE CONVERGENCES COULISSEMENTS ENFONCEMENTS

CONVERGENCE EN TAILLE			CAMPAGNE 1			PHASE 6			SECTION 7			REFERENCE 09		
R.B.F.	AL.	MESUR.	VIE	DOUBLET	D	ET G	DOUBLET	ET M	DOUBLET	ET D	DOUBLET	A		
		A B	MIN	T CV	M	CL P	T CV M	CL P	T CV M	CL P	T CV M	T CV M		
09	1		2805	45		36160	41 42 2	40150	43 42- 3	25 65	41 42 3			
09	2		1020	22		27150	31 26- 5	24160	25 26 4	42150	32 29 0			
09	3		570	20		19165	20 21 3	19150	24	150	25			
09	4		3825	67		63	72 68- 3	64	68 68 1	67	73 71 3			
09	5		1590	42		46	51 47- 2	43	50		54			
09	6		4395	87		82	92 89 0	83	92		96			
10	1		800	15 14 0	14 80	18 17 1	16140	16 18 2	18150	23 19- 2				
10	2		570	20 20 5	22 90	22 22 0	24140	24 23- 2	22150	23 25 0				
10	3		75	3 3 0	2220	3 2 0	1140	2 2 0	1150	3 2 0				
10	4		1370	35 34 5	36	40 39 1	40	40 41 0	40	46 44- 2				
10	5		645	23 23 5	24	25 24 0	25	26 25- 2	23	26 27 0				
10	6		1445	38 37 5	38	43 41 1	41	42 43 0	41	49 46- 2				
11	1		420	16 19 1	19160	26 21- 5	20110	17 22 6	10160	23 23 1				
11	2		2350	40 34- 2	40140	36 37 4	34150	38 38 1	29155	24 27 2				
11	3		90	1 1 0	0150	1 1 1	0 70	0 0 0	0100	1 1 0				
11	4		2770	56 53- 1	59150	62 58- 1	54 70	55 60 7	39100	47 50 3				
11	5		2440	41 35- 2	40	37 38 5	34	38 38 1	29	25 28 2				
11	6		2860	57 54- 1	59	63 59 0	54	55 60 7	39	48 51 3				
12	1		2310	41 33- 3	34110	40 37- 2	39140	42 39 0	38130	38 42 1				
12	2		140	4 3 0	4160	3 3 0	1150	4 3 0	2130	2 2 0				
12	3		140	7 8 0	5160	6 7 1	5150	6 7 0	12135	4 4 0				
12	4		2450	45 36- 3	38160	43 40- 2	40150	46 42 0	40140	40 44 1				
12	5		280	11 11 0	9	9 10 1	6	10 10 0	14	6 6 0				
12	6		2590	52 44- 3	43	49 47- 1	45	52 49 0	52	44 48 1				
13	1		105	1 1 0	2150	1 2 0	0 20	3 4 0	0 80	3 6 0				
13	2		1815	56 47- 6	43150	54 44- 7	42 90	48 44- 2	43 95	23				
13	3		65	1 1 0	1140	1 1 0	1100	1 1 0	1150	2				
13	4		1920	57 48- 6	45150	55 46- 7	42100	51 48- 2	43160	26				
13	5		1880	57 48- 6	44	55 45- 7	43	49 45- 2	44	25				
13	6		1985	58 49- 6	46	56 47- 7	43	52 49- 2	44	28				
14	1		1710	43 41 1	38 40	41 41 0	44 30	41 39 0	40 50	23 37 15				
14	2		1330	31 30 0	180	29	130	24	21140	3 36 33				
14	3		110	2 2 0		1		1		4 3 0				
14	4		3040	74 71 1		70		63	61	26 73 48				
14	5		1440	33 32 0		30		25		7 39 33				
14	6		3150	76 73 1		71		64		30 76 48				
15	1		1325	30 30 2	25 90	27 30 2	27 60	28 31 3	26 80	36 32- 4				
15	2		3895	41 42 0	8160	31 42 13	17180	32 44 11	7140	47 52 5				
15	3		165	9 9 0	2180	6 9 0	0	12 12 0	3	8 8 0				
15	4		5220	71 72 2	33	58 72 15	44	61 75 14	33	83 84 1				
15	5		4060	50 51 0	10	37 51 13	17	44 56 11	10	55 60 5				
15	6		5385	80 81 2	35	64 81 15	44	73 87 14	36	91 92 1				
16	1		3825	40 40 1	37160	37 41 5	36 90	39 43 5	42160	39 46 4				
16	2		515	38 45 4	140		170		160					
16	3		880	41 32- 2										
16	4		4340	78 85 5										
16	5		1395	79 77 2										
16	6		5220	119 117 3										

CARTES DE CARACTERISTIQUES GÉNÉRALES

se		w		DNS		Dates et heures de mesure	
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
7 8 9 10	11 12 13 14	15 16 17 18	19 20 21 22	23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34	35 36 37 38
1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111
2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222
3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333
4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444	4444
5555	5555	5555	5555	5555	5555	5555	5555
6666	6666	6666	6666	6666	6666	6666	6666
7777	7777	7777	7777	7777	7777	7777	7777
8888	8888	8888	8888	8888	8888	8888	8888
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
7 8 9 10	11 12 13 14	15 16 17 18	19 20 21 22	23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34	35 36 37 38

ω = Ouverture en centimètres

D.N.S = distance non soutenue

FIG. 27

CARTES DE RELEVÉS D'ÉTAT DU TOIT
CARTES DÉFINITIVES

[illegible]

δ = distance non soutenue

FIG. 28

FAC - SIMILE

DU DOCUMENT ETABLI LORS DE LA PREPARATION DES DONNÉES RELEVÉS D'ETAT DU TOIT

REF	DNS	MESUR. A B	ETAT DU TOIT	APPR. T D F	CAMPAIGNE	3	PHASE	2	SECTION	3	RAPPORT SD/50	RAPPORT HMO/HMA	FISSURES N1 N2 N3 TOT	DENS	
25	25	25	25		1	66	20	20.0	132			1.000			
25				2	108	10	10.0	108				1.000			
25				T	174	20	13.7	240			48.3	0.685	0	0	0
25	120	32	BO T P					66.6					0	0	0
26	120		BO T M	T	0	0	0	0.0			0.0	*	0	0	0
27	27	27		1	131	30	28.4	372				0.946			
27				T	131	30	28.3	372			34.9	0.943	0	0	0
27	125	15	BO T					99.2					0	0	0
28	28	28		1	108	20	20.0	216				1.000			
28				2	48	10	10.0	48				1.000			
28				T	156	20	16.9	264			43.3	0.845	0	0	0
28	120	32	BO T P					73.3					0	0	0
29	29	29		1	186	20	15.0	279				0.750			
29				T	186	20	15.0	279			51.6	0.750	0	0	0
29	120	32	MO D G					77.5					0	0	0
30	110		BO T M	T	0	0	0	0.0			0.0	*	0	0	0
31	31	31		1	192	45	37.1	712				0.824			
31				T	192	45	37.0	712			53.3	0.822	0	0	0
31	120	08	BO T M					197.7					0	0	0
32	128		BO T P	T	0	0	0	0.0			0.0	*	0	0	0
32													0	0	0

2° - Exploitation des données

Nous présentons d'abord le dépouillement des mesures de convergence car ces mesures se prêtent mieux au traitement statistique que les paramètres d'état du toit. Ce dépouillement constitue une sorte de modèle avec lequel il faudra prendre quelques accommodements pour traiter des mesures d'état du toit.

a) Dépouillement des mesures de convergence

Quelques études préliminaires sur les chiffres obtenus ont permis de définir les paramètres de convergence retenus pour caractériser une zone de mesure.

Pour chaque doublet a, b, c, d, d'une zone de mesures, nous avons retenu les moyennes de convergences en allée I, II ou III, calculées après que des études préliminaires nous aient conduit à éliminer les convergences supérieures à 100 mm, jugées anormales, et celles correspondant à une durée de vie (1) inférieure à deux heures (jugée si courte qu'une légère erreur de mesureur sur l'horaire des mesures apporte une erreur non négligeable sur la mesure).

(1) Nous appelons, par exemple, durée de vie d'un doublet en allée I, le temps qui sépare les mesures effectuées sur un même doublet en ligne 1 et en ligne 2, mesures dont la différence constitue la convergence en allée I de ce doublet.

Le tableau IX donne à titre d'exemple, les valeurs des paramètres retenus pour l'allée I (les valeurs entre parenthèses représentent des mesures éliminées, puis reconstituées par la technique de minimisation de la variance résiduelle : on se souvient que la zone 9 de la phase IV n'avait pu être équipée du soutènement prévu par le plan d'expérience).

La technique employée est celle de l'analyse de variance à plusieurs dimensions qui, dans le cas présent, permet de tester l'influence des facteurs suivants :

	Facteur	Nombre de modalités	Nombre de degrés de liberté
P	Charges de pose (7 - 10 tonnes)..	2	1
C	Charges de coulisement (14 - 22 30 tonnes)	3	2
D	Position du doublet (a, b, c, d)	4	3
L	Facteur terrain sens longitudinal (le long du front)	3	2
T	Facteur terrain sens transversal (perpendiculaire au front).....	2	1

Si seuls les deux premiers facteurs sont effectivement l'objet de l'étude, il importe de dégager l'influence éventuelle des trois derniers, soit pour justifier l'hypothèse de la validité des zones étroites (facteur D), soit pour éliminer l'influence du facteur terrain (L, T) dont nous pensons qu'elle peut être perturbatrice.

En outre, nous étudierons les interactions suivantes entre les facteurs :
 P - C
 D - P
 D - C
 T - L qui nous semblent être susceptibles d'expliquer une part de la dispersion.

Le tableau X indique les résultats de ces trois analyses de variance. Les valeurs des rapports F de la variance de chaque facteur à la variance résiduelle sont comparées aux valeurs F_{α} lues dans les tables de Snedecor pour des risques $\alpha = 5\%$, 1% , 1% . Les valeurs de F sont soulignées si elles mettent en évidence une influence du facteur considéré. Nous dirons selon une terminologie usuelle que cette influence est :

TABLEAU IX

CONVERGENCES EN ALLEE I

			L ₁			L ₂			L ₃		
			C ₁ (14 T)	C ₂ (22 T)	C ₃ (30 T)	C ₁ (14 T)	C ₂ (22 T)	C ₃ (30 T)	C ₁ (14 T)	C ₂ (22 T)	C ₃ (30 T)
P ₁ (7 T)	a		11,9	13,3	15,9	16,9	10,3	11,2	16,6	11,9	9,4
	b		14,3	12,6	13,3	15,2	15,1	18,0	11,8	9,5	10,9
	c		13,5	12,5	14,0	15,7	11,2	14,0	14,3	13,4	12,8
	d		15,0	12,0	14,3	14,4	16,1	9,3	14,8	11,3	10,1
	m		13,7	12,6	14,4	15,6	13,2	13,1	14,4	11,5	10,8
P ₂ (10 T)	a		15,2	14,6	11,9	10,6	11,9	15,0	14,3	11,8	10,3
	b		16,8	14,0	13,2	12,4	14,1	14,2	13,6	13,6	10,6
	c		15,8	13,4	12,6	14,0	16,9	14,6	13,4	15,5	11,0
	d		16,1	13,9	16,5	10,8	15,9	15,1	11,8	12,6	11,1
	m		16,0	14,0	13,6	12,0	14,7	14,7	13,3	13,4	10,8
P ₁ (7 T)	a		19,6	13,2	17,3	16,0	16,5	18,7	12,3	13,9	13,2
	b		23,0	15,3	16,0	16,0	15,5	16,6	15,3	15,3	13,0
	c		21,8	17,7	16,0	15,9	14,6	13,9	14,9	16,1	12,5
	d		24,5	18,3	15,7	16,0	15,4	20,7	14,1	15,9	12,0
	m		22,2	16,1	16,3	16,0	15,5	17,5	14,2	15,3	12,7
	a		12,9	11,2	13,6	16,4	11,8	16,9	17,7	15,7	(13,9)
	b		13,7	12,1	13,3	14,1	14,1	15,9	16,8	14,3	(14,2)
	c		13,9	13,0	13,4	15,4	14,1	14,1	19,9	15,5	(14,3)
	d		13,2	12,4	12,1	13,6	14,7	13,4	18,1	16,0	(14,4)
	m		13,4	12,2	13,1	14,9	13,7	15,1	18,1	15,4	(14,2)

TABLEAU X

INFLUENCE DU SOUTÈNEMENT SUR LES CONVERGENCES

Analyses de Variance

Facteurs	degrés de liberté	Seuils de Snedecor			Allée 1		Allée 2		Allée 3	
		F 5 %	F 1 %	F 10/100	variance	F	variance	F	variance	F
P	1	3,92	6,85	11,38	17,85	<u>7,9</u>	2,75	0,3	64,38	<u>8,7</u>
C	2	3,07	4,79	7,31	31,80	<u>14,0</u>	100,14	<u>11,2</u>	69,82	<u>9,5</u>
PC	2	3,07	4,79	7,31	4,87	2,1	8,25	0,9	0,77	0,1
D	3	2,68	3,95	5,79	2,53	1,1	0,99	0,1	0,73	0,1
DP	3	2,68	3,95	5,79	1,11	0,5	3,55	0,3	5,06	0,7
DC	6	2,17	2,96	4,04	2,63	1,2	2,83	0,3	1,81	0,2
T	1	3,92	6,85	11,38	130,91	<u>57,6</u>	46,12	<u>5,2</u>	67,90	<u>9,2</u>
L	2	3,07	4,79	7,31	18,26	<u>8,0</u>	116,95	<u>13,0</u>	118,87	<u>16,1</u>
TL	2	3,07	4,79	7,31	4,59	2,0	50,78	<u>5,6</u>	23,78	<u>3,2</u>
Rési- duelle	117				2,27		8,94		7,37	

- non significative si $F < F_{5\%}$
(non souligné)
- significative si $F_{5\%} < F < F_{1\%}$
(souligné 1 fois)
- hautement significative si $F_{1\%} < F < F_{10/100}$
(souligné 2 fois)
- très hautement significative si ... $F > F_{10/100}$
(souligné 3 fois)

b) Dépouillement des relevés d'état du toit

Nous avons conclu de notre recherche de paramètres que nous allions caractériser notamment un ensemble de relevés d'état du toit par les paramètres suivants :

- pourcentage du nombre des relevés avec décollement par rapport au nombre total des relevés (notés % R.A.D.)
- valeurs moyennes des paramètres de chutes de blocs
SD/SO
VD/SO
HMAX
HMOY
HMOY/HMAX

L'analyse de variance à cinq dimensions permettait, pour les convergences, d'extraire la part de la variance due au facteur terrain et donc de faire mieux ressortir d'éventuelles influences des facteurs étudiés.

Cette technique n'est pas utilisable pour les paramètres d'état du toit à cause du trop grand nombre de vides dans le tableau de résultats (tableau XI) - (ces vides sont causés par les relevés correspondant à des abattages volontaires de toit, qui sont inutilisables, et par les relevés sans décollement que nous séparons de l'ensemble).

Nous avons donc constitué le tableau XII en calculant pour chaque modalité de la charge de pose et de la charge de coulissement les moyennes des paramètres retenus.

Dans les analyses de variance à deux dimensions effectuées sur ces tableaux, l'influence éventuelle du facteur terrain grossit la variance résiduelle. On risque ainsi de ne pas pouvoir montrer les influences de la charge de pose et de la charge de coulissement si elles sont faibles. Remarquons que les répétitions sont tout de même utiles puisqu'elles permettraient d'attribuer les influences éventuellement trouvées aux facteurs charges de pose et de coulissement et non au facteur terrain. Les résultats de ces analyses sont indiqués tableau XIII.

PARAMETRES DE CHUTES DE BLOCS

Résultats par phase et par zone

Section	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	2	1	6	5	27	31	21	1	1
% R.A.D.	5,8	3,1	20,6	19,2	100,0	100,0	60,0	3,7	2,7
SD/SO	66,50	58,30	64,00	25,72	65,08	79,50	71,65	24,10	18,20
VD/SO	171,90	87,40	136,10	44,24	190,52	196,26	159,31	63,30	6,60
H MAX	35,0	15,0	23,8	19,0	40,0	30,8	24,5	30,0	5,0
H MOY	25,60	14,90	18,83	17,66	28,95	24,14	21,49	26,20	3,60
HMOY/HMAX	0,7315	0,9930	0,8183	0,9326	0,7467	0,8121	0,8902	0,8730	0,7200
n	3	3	4	0	5	8	13	8	23
% R.A.D.	100,0	100,0	22,2	0,0	25,0	38,0	61,9	30,7	88,4
SD/SO	86,26	94,10	22,87	-	38,12	29,33	71,43	35,65	62,13
VD/SO	259,60	411,66	40,27	-	65,82	58,66	178,18	64,42	125,44
H MAX	35,0	50,0	22,5	-	24,0	18,1	30,7	19,3	24,5
H MOY	28,93	42,96	19,97	-	16,82	16,27	24,0	17,22	19,79
HMOY/HMAX	0,82406	0,8560	0,8757	-	0,7242	0,9158	0,8268	0,9061	0,8373
n	7	1	0	4	12	7	3	7	11
% R.A.D.	38,8	33,3	0,0	21,0	34,2	21,2	11,5	29,1	78,5
SD/SO	80,55	28,50	-	59,27	25,09	26,60	34,13	82,22	90,01
VD/SO	466,54	71,40	-	342,15	60,97	54,97	55,53	158,42	197,90
H MAX	67,1	25,0	-	57,5	27,7	23,5	16,6	26,4	30,0
H MOY	54,10	25,00	-	46,90	23,48	18,80	16,36	18,81	21,69
HMOY/HMAX	0,8218	1,0000	-	0,7945	0,8584	0,7927	0,9800	0,8120	0,8052
n	2	0	0	18	14	25	7	0	
% R.A.D.	5,7	0,0	0,0	51,4	40,0	69,4	58,3	-	
SD/SO	89,60	-	-	39,31	27,86	54,98	53,27	-	
VD/SO	51,75	-	-	116,17	65,56	135,52	77,08	-	
H MAX	30,0	-	-	37,7	25,7	29,4	20,0	-	
H MOY	16,85	-	-	28,69	17,79	22,14	14,88	-	
HMOY/HMAX	0,7370	-	-	0,8325	0,7672	0,8094	0,7590	-	

n = nombre de relevés présentant des décollements



PARAMETRES DE CHUTES DE BLOCS

Moyennes par modalités de CP et CC

a)

Nombre de relevés avec décollements				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	48	47	52	147
10	62	30	41	133
ENS	40	77	93	280

b)

% de relevés avec décollements				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	30,57	28,31	32,70	30,50
10	42,17	23,44	33,06	33,33
ENS	36,18	26,19	32,86	31,78

c)

H MAX				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	25,5	34,5	35,6	32,0
10	27,1	28,8	28,3	27,9
ENS	26,4	32,3	32,4	30,0

d)

SD/SO				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	55,66	64,17	72,50	64,34
10	46,70	52,58	52,01	49,66
ENS	50,61	59,66	63,47	57,37

e)

VD/SO				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	119,23	167,16	225,16	172,03
10	100,80	133,77	133,35	118,27
ENS	108,84	154,15	184,69	146,49

f)

H MOY				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	21,45	25,39	28,46	25,19
10	21,12	21,60	22,06	21,52
ENS	21,26	23,91	24,64	23,45

g)

HMOY/HMAX				
CC \ CP	14	22	30	ENS
7	0,8710	0,7752	0,8207	0,8226
10	0,8363	0,8004	0,8213	0,8236
ENS	0,8515	0,7850	0,8210	0,8231

C - RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES -

Nous regroupons les résultats de cette campagne autour des réponses données à trois questions principales :

- les paramètres utilisés au cours de cette campagne ont-ils permis de mettre en évidence une influence du soutènement ?
- les précautions que nous avons prises pour construire le plan d'expérience sont-elles nécessaires, sont-elles suffisantes ?
- Y-a-t-il une relation entre les paramètres d'état du toit et les mesures de convergence ?

1° - Résultats relatifs à l'influence du soutènement

a) Influence du soutènement sur les convergences

L'étude du tableau X montre que cette expérience met en évidence une influence très significative de la charge de coulissement sur les convergences pour chacune des trois allées.

Le tableau et le graphique de la figure 30 donnent les valeurs moyennes des convergences pour chacune des allées correspondant à chacune des charges de coulissement.

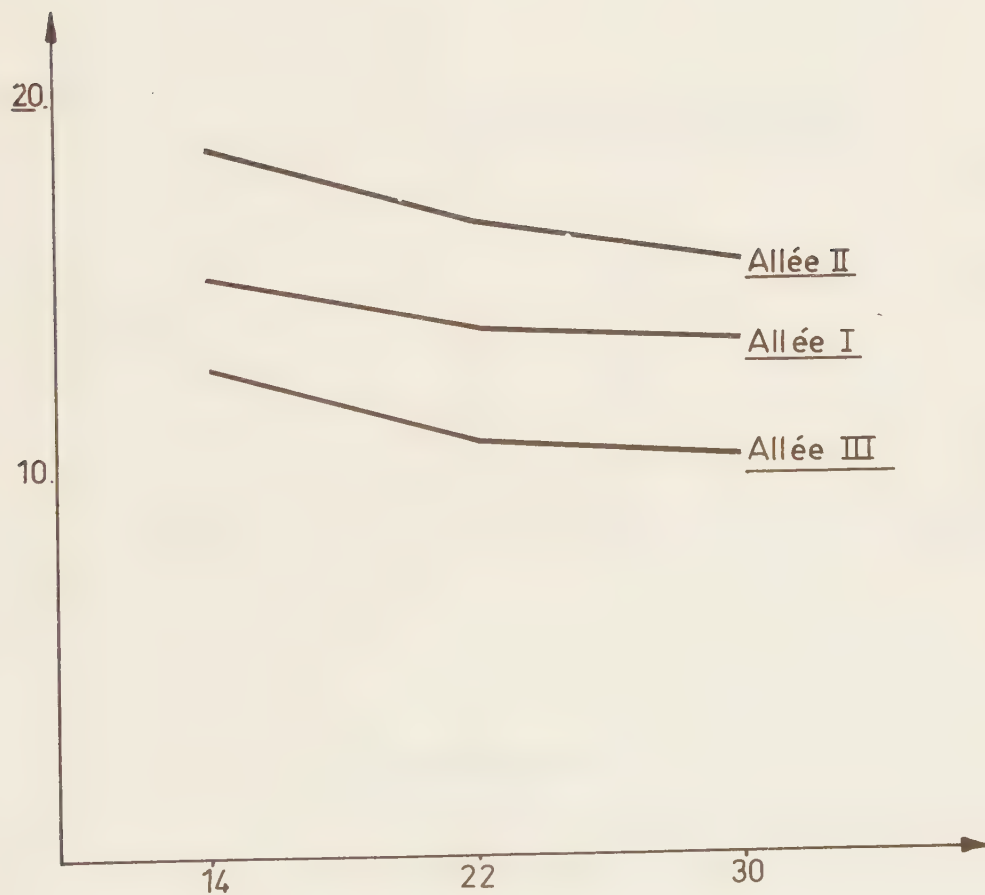
Ces résultats donnent le sens de variation : la convergence diminue lorsque la charge de coulissement passe de 14 à 30 tonnes. On observe que cette diminution est moins sensible entre 22 tonnes et 30 tonnes qu'entre 14 et 22 tonnes. Peut-être existe-t-il une convergence minimale qu'une augmentation des charges ne peut réduire. Nous faisons cette hypothèse sans la retenir définitivement, car cette différence peut être également due au mauvais tarage signalé des soupapes (22 tonnes) de la phase IV. Lorsque la charge de coulissement passe de 14 à 30 tonnes, le pourcentage de diminution de convergence est de :

Allée I	9,6 ‰
Allée II	15,2 ‰
Allée III	17,4 ‰

On peut trouver une explication de l'amplification observée de l'influence de la charge de coulissement, lorsque l'on passe de l'allée I à l'allée III, dans le fait que la charge de coulissement ne serait pas prise par les étançons dès leur pose : la figure 31 schématise le fonctionnement théorique des étançons. Selon la théorie, comme il y a eu convergence au cours d'une allée, les étançons ont dû coulisser et leur charge doit être égale à pc. Cependant il est possible qu'une partie de ces étançons aient écrasé localement leur garnissage ou se soient enfoncés dans les terrains immédiats, de sorte qu'ils n'aient pas atteint rapidement leur charge de coulissement.

INFLUENCE DE LA CHARGE DE COULISSEMENT SUR LES CONVERGENCES

7 Liévin - MARTHE - T5 - Quatre premières phases



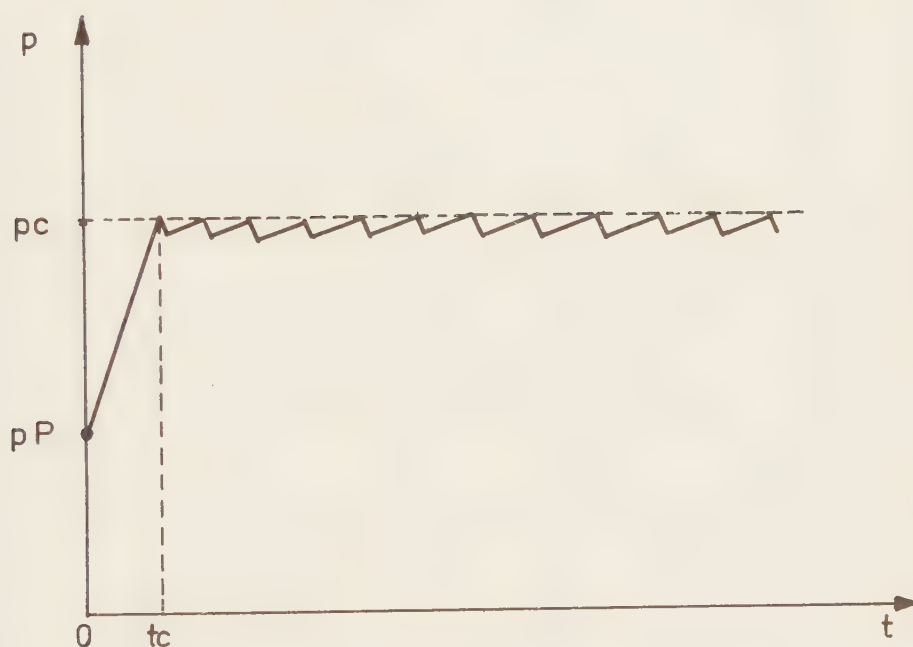
	cc = 14 ^t	cc = 22 ^t	cc = 30 ^t
Allée I	15,3	14,0	13,8
Allée II	18,7	16,8	15,9
Allée III	12,9	11,0	10,7

FIG. 30



VARIATION DE LA PRESSION DU LIQUIDE D'UN ETANÇON HYDRAULIQUE - EN FONCTION DU TEMPS

Représentation schématique



$$pP = \text{pression de pose} = \frac{CP}{S}$$

$$pc = \text{pression de coulissement} = \frac{CC}{S}$$

CP = Charge de pose

CC = Charge de coulissement

S = Section du poinçon de l'étaçon



TABLEAU XIII

INFLUENCE DU SOUTÈNEMENT SUR L'ÉTAT DU TOITAnalyse de Variance

Facteurs	Degrés de liberté	F 5 %	F 1 %	F 1°/°	SD/SO		VD/SO		H MAX		H MOY		H MAX/H MOY	
					variance	F	variance	F	variance	F	variance	F	variance	F
P	1	3,84	6,64	10,83	15 037	<u>25,80</u>	201 745	<u>21,73</u>	1 179	<u>6,08</u>	941,7	10,48	71.10 ⁻⁶	0,00
C	2	3,00	4,60	6,90	1503707	<u>7,63</u>	148 058	<u>15,95</u>	1 183	<u>6,10</u>	494,3	<u>5,50</u>	100 142 10 ⁻⁶	3,56
Rési- duelle	250				58 292		9 285		194		89,8		28 127 10 ⁻⁶	

Il est possible que les temps se soient très variables d'un étauçon à l'autre. S'il en est ainsi, le nombre d'étauçons d'une ligne ayant atteint leur charge de coulissement augmente au fur et à mesure que cette ligne s'éloigne du front.

L'influence de la charge de pose sur les convergences est moins significative. Peut-être n'est-il qu'une conséquence de notre plan d'expérience puisque, d'une part la charge de pose a peu varié au cours de l'expérience, d'autre part chaque modalité n'a été "répétée" que deux fois au lieu de trois pour la charge de coulissement.

Cependant on note une diminution d'environ 10 % des convergences lorsque la charge de pose passe d'environ 7 tonnes à environ 10 tonnes. L'importance de cette influence décroît de l'allée I à l'allée II : la charge de pose de l'étauçon n'est caractéristique du fonctionnement de celui-ci que pendant le temps p_c indiqué sur la figure 26 qui suit le moment de la pose.

On ne met pas en évidence d'interaction entre ces deux influences.

En conclusion, on trouve sur les convergences, au cours des quatre premières phases des influences des charges de pose et de coulissement. Les convergences diminuent si l'une ou l'autre de ces charges augmente. Les influences varient avec les allées, s'amplifiant du front vers les vieux travaux pour la charge de coulissement, diminuant pour la charge de pose.

b) Influence du soutènement sur les paramètres d'état du toit

Le pourcentage de relevés avec décollements varie, selon les modalités de soutènement, entre 23 et 42 % (tableau XII-b). Un test du X^2 , effectué pour comparer ces valeurs observées aux valeurs théoriques qui seraient la conséquence de la non influence des charges CC et CP, montre que ces différents pourcentages sont assez peu significativement différents ($R = 12,6$ pour $R_5 \% = 11,1$).

Sur le tableau XII - b nous avons porté (sous la désignation ENS = ensemble) les valeurs moyennes de ces pourcentages pour une valeur de CP ou de CC données. Ces valeurs montrent que ces différences sont essentiellement liées aux variations de la charge de coulissement : le pourcentage de relevés avec décollements serait plus fort pour les faibles et les fortes charges de coulissement, il passerait par un minimum pour une charge de coulissement intermédiaire. (Notons cependant que ce résultat est moins net si l'on élimine les valeurs suspectes déjà signalées).

Pour l'ensemble des paramètres H/IA_X , H/IO_Y , SD/SO et VD/SO qui caractérisent l'importance des chutes de blocs, on note une influence des charges de pose dans le sens suivant :

Une augmentation de la charge de pose est liée à une diminution de l'importance des chutes de blocs.

Une augmentation de la charge de coulissement est liée à une augmentation de cette importance.

Le tableau XIII qui donne les résultats des analyses de variance effectuées, montre que ces influences sont très significatives : les valeurs du rapport des variances sont supérieures aux seuils de Snedecor. Les nombres d'observations correspondant à chaque modalité étant trop différents, nous n'avons pas pu tester les interactions (par la technique de l'analyse de variance avec répétitions).

On note également une influence faible de la charge de coulissement sur le paramètre $H/IO_Y/H/IA_X$. Ce paramètre serait plus faible pour la charge de coulissement médiane de 22 tonnes. On pourrait, pour expliquer ce fait, faire par exemple l'hypothèse que lorsque les charges de coulissement sont ou trop faibles ou trop fortes, les limites des chutes de blocs deviennent plus anguleuses, permettant à la hauteur moyenne d'être voisine de la hauteur maximale.

c) Conclusions

Nous reviendrons sur les résultats trouvés pour les convergences.

En ce qui concerne l'état du toit, la conclusion principale à laquelle cette campagne conduit (l'importance des chutes de blocs croît avec une diminution de la charge de pose ou une augmentation de la charge de coulissement) prouve bien que les paramètres que nous proposons sont utilisables pour mettre en évidence l'influence de certains facteurs.

2° - Résultats légitimant le plan d'expérience adopté

Nous avons énoncé précédemment les hypothèses et les principes du plan d'expérience adopté et nous avons indiqué notre intention de vérifier a posteriori la validité de ces hypothèses.

Rappelons que l'une des raisons qui nous ont conduit à effectuer des mesures de convergences était de pouvoir réaliser cette vérification. On comprendra donc que les résultats énoncés soient basés essentiellement sur ces mesures.

a) Légitimité de l'hypothèse de la validité des zones de 10 mètres

Nous avons prévu, pour cette étude, la pose de quatre doublets (a, b, c, d) par zone de mesures.

Nous avons vu que le soutènement avait une influence sur les convergences. Si cette action est suffisamment localisée, les écarts entre les convergences des différents points d'une zone ne sont dus qu'à la variance résiduelle. Dans le cas contraire, les soutènements des zones voisines peuvent influencer les doublets extrêmes a ou d dont les convergences peuvent être différentes de celles des doublets b et c.

Le tableau X indique les valeurs du rapport de Snedecor correspondant au facteur D (doublets) dans les analyses de variance effectuées.

Ces faibles valeurs, toutes inférieures au seuil à 5 %, ne mettent pas en évidence d'hétérogénéité entre les résultats obtenus pour les quatre doublets. De ce fait, il n'y a pas de raison de rejeter l'hypothèse d'une influence suffisamment localisée du soutènement.

Les tests statistiques sont habituellement négatifs : nous sommes donc conduits à accepter l'hypothèse de validité des zones étroites, non pas après avoir démontré son exactitude mais seulement parce que les expériences effectuées n'ont pas permis de la contredire.

Cette conclusion peut donc être remise en cause par des expériences ultérieures. Cependant, il faut souligner les faits suivants qui sont de nature à étayer notre conviction :

- les rapports de Snedecor sont non seulement "non significatifs" d'une différence entre doublets, mais encore inférieurs ou très peu supérieurs à l'unité : la dispersion des mesures entre doublets est donc semblable, ou même inférieure, à la dispersion résiduelle c'est-à-dire à la dispersion des mesures qui aurait pu être faite au même point.
- le fait de ne pas mettre de différence en évidence ne semble pas devoir être imputé à l'imprécision de l'instrument de mesure, puisque par ailleurs celui-ci permet de mettre en évidence l'influence des facteurs étudiés.
- les rapports de Snedecor relatifs aux interactions possibles entre le "facteur doublet" et les autres facteurs ne permettent pas non plus de déceler de telles interactions. Or, dans l'analyse de variance, les tests d'interaction sont plus efficaces que ceux relatifs à un facteur particulier.

b) Utilité du plan d'expérience avec répétitions

Les résultats de l'analyse de variance (tableau X) mettent en évidence une influence importante du "facteur terrain" tant longitudinal que transversal, sur les convergences.

Retirer de la variance totale la part due à cette influence permet de diminuer la variance résiduelle, et par suite de mettre en évidence l'influence de facteurs étudiés. Ayant mis en évidence par ce moyen l'influence d'un facteur qui n'avait pas encore été nettement décelé par des études antérieures plus simples, nous justifions a posteriori le principe des répétitions appliqué dans la construction du plan d'expérience.

Puisque nous n'avons pas pu étudier l'influence du "facteur terrain" sur les paramètres d'état du toit, nous ne démontrons pas, de ce point de vue, la nécessité des répétitions. Cependant cette précaution a été suffisante puisque cette campagne a permis d'énoncer des conclusions sur l'influence du soutènement.

3° - Etude de la relation entre convergences et paramètres d'état du toit

Nous avons indiqué précédemment que cette étude était l'une des raisons de l'introduction de mesures de convergence dans cette campagne.

Rappelons que nous avons été guidés, dans la première partie consacrée à la définition de paramètres d'état du toit, par le souci de caractériser ce qui, dans le comportement d'un toit, peut influencer la marche de l'exploitation. Il nous avait paru que les caractéristiques des chutes de blocs seraient préférables aux mesures classiques de mouvements des épontes, puisque la convergence n'atteint que des valeurs trop faibles en taille pour causer, par une diminution de l'espace "habitable", une gêne pour le chantier.

Mais il est cependant possible, que les deux sortes de paramètres soient liés, c'est-à-dire que les mouvements et les chutes de blocs soient des conséquences diverses de mêmes causes.

Nous avons cherché, en vain, à mettre en évidence une telle liaison en partant, successivement, de deux idées différentes :

a) Intuitivement, on peut associer "faible convergence" et "bon état du toit".

Globalement, nous ne pouvons retenir cette hypothèse. En effet, les résultats précédemment énoncés montrent que l'influence du soutènement se manifeste sur les convergences et l'état du toit de manières différentes : si une charge de pose élevée semble à la fois diminuer la convergence et l'importance de chutes de blocs, par contre une charge de coulissement élevée semble diminuer les décollements et augmenter les convergences.

Nous avons de plus constaté qu'aucune tendance n'était décelable lorsque nous portions sur un même graphique des points ayant pour coordonnées d'une part un paramètre de chutes de blocs et d'autre part la valeur de la convergence mesurée dans cette zone pendant une période recouvrant le moment où était effectué le relevé d'état du toit.

- b) Intuitivement encore, on peut associer "convergences peu dispersées" (donc mouvements réguliers) et "bon état du toit".

Nous avons cherché, en vain, à déceler une influence du soutènement sur la différence ($b - c$) entre les convergences en allée I des deux doublets voisins b et c d'une zone que nous avons choisie pour représenter la dispersion locale des convergences.

La comparaison de ces mêmes différences de convergence correspondant aux relevés d'état du toit qui présentent ou non des chutes de blocs, n'a permis de déceler entre ces deux catégories de mesures qu'une très faible différence (de l'ordre de un millimètre sur des moyennes de nombreuses mesures).

En définitive, par les quelques études ainsi faites, nous n'avons pu montrer que les convergences étaient liées à l'état du toit. Des études ultérieures montreront peut-être à l'existence d'une relation entre les deux catégories de paramètres qui ne peuvent pas, pour le moment, être réduites à une seule.

Si l'on veut que les expériences suivantes apportent à la fois à l'exploitant des renseignements sur la tenue de ses toits et au chercheur des éléments pour poursuivre, en liaison avec les mesures de mouvements dans les voies, l'étude du comportement des terrains, il nous faut conseiller de conserver la mesure de ces deux séries de paramètres.

CONCLUSIONS

de la deuxième partie



Cette deuxième partie a montré que les paramètres que nous proposons, permettaient de mettre en évidence une influence du soutènement sur l'état du toit.

Les résultats relatifs à cette influence sont peut-être différents de ceux qui pourront être trouvés lors de campagnes ultérieures effectuées dans d'autres chantiers. Il appartiendra à d'autres que nous de faire la synthèse des résultats en ce domaine.

En ce qui nous concerne, nous croyons avoir démontré que nous avons construit un outil utilisable pour de telles recherches.

Nous avons en tous cas montré qu'il était nécessaire de réaliser ces mesures dans le cadre de plans d'expériences bien construits.

Enfin, n'ayant pas décollé de liaison entre les convergences et les paramètres d'état du toit, nous avons montré que l'état du toit dans un chantier ne pouvait pas être caractérisé seulement par les convergences comme on le faisait antérieurement.



CONCLUSIONS GENERALES



Au terme de cette étude, nous pensons être en mesure de proposer une méthode pour caractériser l'état d'un toit de taille.

RAPPEL DES OBJECTIFS -

La tenue du toit dans les tailles est une des préoccupations majeures de l'exploitant. Il est donc du plus haut intérêt d'envisager des recherches sur l'influence des facteurs naturels ou d'exploitation sur l'état de ce toit.

Mais jusqu'à présent, on ne disposait pas de méthodes de mesures utilisables pour de telles études. L'évaluation du toit qui guide l'exploitant dans la conduite de son chantier ne peut être retenue en raison de sa subjectivité. Par ailleurs, les mesures de convergences, employées depuis plusieurs années pour les études de la tenue des terrains, ne semblaient pas, en taille, être directement liées en raison de leur faible ordre de grandeur, aux préoccupations de l'exploitant, plus gêné par des chutes de blocs que par un rapprochement de quelques centimètres du toit et du mur.

Notre thèse a donc eu pour objet de définir une méthode de mesure de l'état du toit et de vérifier, par un certain nombre d'expériences que la méthode proposée était bien adaptée aux objectifs.

METHODE PROPOSEE -

Elle consiste à représenter, en plan et en coupes, puis à caractériser par des paramètres l'aspect d'une zone de toit comprise entre le front de taille et la première ligne de soutènement (allée 0) sur une longueur de trois mètres. La forme de ces relevés a été décrite dans le texte (1.II.A) ; c'est à la suite des essais qui seront rappelés dans le paragraphe suivant que les relevés ont été limités à l'allée 0 et que la liste des paramètres retenus, calculés à partir de ces relevés a été arrêtée comme suit :

Paramètres caractérisant l'importance des chutes de blocs
 VD/SO SD/SO $HIOY$ $HMAX$

Paramètre de forme de chutes de blocs
 $HIOY/HMAX$

Ces différents termes ont été définis et la manière de les calculer précisée dans notre texte (1.II.B).

Par ailleurs, en vue de la préparation mécanique de ces données, un programme mécanographique, exploitable sur ordinateur IBM 1401 a été mis au point (2.II.B.1).

EPREUVES DE LA VALIDITE DES PARAMETRES -

Des essais systématiques (dont un exemple est donné en 1.III.B) nous ont permis de constater que les paramètres finalement retenus dépendaient de l'opérateur ayant effectué le relevé, quoique de façon non systématique. Ce fait interdit, pour la suite, de caractériser un toit par un seul relevé. Seules les valeurs moyennes, calculées sur plusieurs relevés permettront de diminuer l'importance de l'imprécision de ces mesures. Pour les mêmes raisons, ces essais nous ont conduit à abandonner plusieurs paramètres, concernant la fissuration, auxquels nous avions songé initialement et qui étaient trop sensibles à la personne du mesureur.

Une campagne de mesures dans une taille (Intermédiaire 3 - 157 relevés) faisant suite à des observations qualitatives, et à des essais préliminaires (1.I.A) nous a convaincu que la plus grande partie des chutes de blocs se produisaient très rapidement après la découverte du toit par l'abattage et que les mesures faites entre le front et les vieux travaux étaient suffisamment liées à celles effectuées en allée 0, pour ne retenir que ces dernières.

Cette même campagne (Intermédiaire 3), ainsi qu'une campagne antérieure (dite "campagne de balayage" : 161 relevés répartis sur 31 tailles) nous ont permis de rechercher s'il existait des relations entre les différents paramètres. De telles liaisons n'ont été trouvées qu'entre les paramètres qui caractérisent l'importance des chutes de blocs (VD/SO, SD/SO, H MOY et H MAX). La réduction de ces quatre paramètres à un seul est donc possible, mais n'entraîne pas en fait de simplification de la forme des relevés. C'est pourquoi, dans l'exemple d'utilisation décrit en deuxième partie, où les calculs étaient faits mécaniquement, nous les avons tous conservés.

Pour en rester aux recherches de liaisons entre paramètres, précisons qu'un second objectif de la campagne effectuée dans la taille Marthe 5, était de comparer les mesures d'état du toit et les convergences. N'ayant pas mis en évidence de relation entre ces deux catégories de paramètres, nous ne pouvons pas dire qu'ils mesurent les effets de mêmes causes et nous justifions a posteriori la nécessité d'ajouter aux mesures classiques de convergence des mesures plus caractéristiques du comportement du toit en taille.

Afin de montrer que nos paramètres étaient bien liés aux gênes de l'exploitant, nous avons pu étayer globalement (par référence à de nombreux enregistrements de taille) et qualitativement notre conviction que les paramètres caractérisant les chutes de blocs au moins étaient liés à des pertes de temps dans l'exploitation du chantier.

Le dernier type de vérifications effectuées, enfin, n'est pas le moins important. C'est pourquoi nous y consacrons, outre un paragraphe (1.III.2) de notre première partie, l'intégralité de la seconde partie de notre thèse. Nous ne pouvions prétendre, au stade de la mise au point d'une méthode de mesure, faire une étude exhaustive des facteurs susceptibles d'avoir une influence sur l'état du toit, mais il nous fallait au moins vérifier que nos paramètres pouvaient être utilisables dans ce but. Les relevés de la campagne de balayage ont permis (malgré leur faible nombre dans chaque taille) de vérifier que des différences entre taille, dont une simple visite donnait l'intuition, étaient mises en évidence par des analyses de variance effectuées sur nos paramètres. Deux campagnes ont ensuite eu pour objectif de vérifier si l'influence de la vitesse d'avancement d'un chantier ou celle d'un passage sous une limite d'exploitation sus-jacente pouvait être mise en évidence. Les résultats, sans être pleinement significatifs, nous ont tout de même encouragé à poursuivre, mais en changeant l'ordre de grandeur des moyens mis en oeuvre pour de telles campagnes.

C'est pourquoi la campagne de Harthe 5, destinée à rechercher l'influence des charges de pose et de coulisement du soutènement a pris une ampleur bien plus grande (environ 20 mesureurs pendant deux mois, neuf cents relevés d'état du toit plus les mesures de convergence) et s'est insérée dans un plan d'expériences très élaboré.

Cette dernière campagne a permis de déceler pour les divers soutènements des valeurs différentes de nos paramètres. Sur cet exemple, nous avons trouvé que l'état du toit s'améliorait avec une augmentation de la charge de pose et une diminution de la charge de coulisement. Ce résultat, provisoire en ce qui concerne l'influence du soutènement, montre bien que notre instrument de mesure est, moyennant le respect des précautions introduites dans le plan d'expérience, utilisable pour des études ultérieures.

Les principes d'expérimentation que nous avons développés sont essentiellement au nombre de deux : construction d'un plan d'expériences avec répétitions, adoption de zones homogènes étroites (10 mètres dans notre expérience), la légitimité de cette dernière condition pouvant être vérifiée (comme nous l'avons fait) par l'introduction de mesures spécialement destinées à cet effet.

PERSPECTIVES D'AVENIR. -

L'outil que nous présentons est maintenant au point : les relevés d'état au toit ont une forme définitive et les paramètres que l'on calcule sur eux ont une définition précise.

Il reste à faire une tâche qui sera sans doute plus passionnante mais demandera plus de temps, plus de mesures et plus d'argent. Il faut utiliser cet outil pour répondre à la question de l'exploitant : quels sont les facteurs susceptibles de modifier l'état de nos chantiers ?

Déjà, comme nous l'avons dit, un programme à l'élaboration duquel nous avons participé et dont la campagne en taille Marthe 5 constitue une première étape, a été mis sur pied pour étudier, sur plusieurs années, à la demande des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, et avec l'aide financière de la C.E.C.A. l'influence du soutènement.

Pour ces campagnes, le plan d'expérience de Marthe 5, qui a fait ses preuves, pourra servir de base de référence. On adaptera aux nombres de modalités à comparer et aux dimensions du chantier d'études, les principes que nous avons énoncés.

La répétition de ces expériences dans des chantiers ayant des conditions différentes permettra peut-être de commencer à élucider l'influence d'autres facteurs (vitesse d'avancement, sens de chassage dans une veine, mode d'abattage et de traitement d'arrière-taille, etc ...). Peut-être cependant faudra-t-il en outre envisager de nouvelles expériences spécialement conçues pour la recherche de l'influence de chacun de ces facteurs.

Lu et approuvé

NANCY, le

Le Doyen de la Faculté des Sciences

M. AUBRY

Vu et permis d'imprimer

NANCY, le

Le Recteur, Président du
Conseil de l'Université

P. IIIBS



